



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ  
ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO  
INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING  
INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

## MĚŘENÍ VÝKONU MOTOCYKLU

TESTING OF MOTORCYCLE ENGINE OUTPUT

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE  
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

BERNARD RAMPÁČEK

VEDOUCÍ PRÁCE  
SUPERVISOR

ING. ONDŘEJ MARŠÁLEK

BRNO 2012

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav automobilního a dopravního inženýrství

Akademický rok: 2011/12

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

student(ka): Bernard Rampáček

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

### **Měření výkonu motocyklu**

v anglickém jazyce:

### **Testing of motorcycle engine output**

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Vypracovat přehled metod měření výkonu motocyklů, přehled v současnosti dostupných zařízení k experimentálnímu stanovení výkonu motocyklů a návrh měření výkonu motocyklů pomocí válcové dynamické brzdy určené k měření výkonu osobních automobilů.

Cíle bakalářské práce:

- Úvodní vpravení do problematiky
- Možnosti měření výkonu motocyklů
- Přehled v současnosti používaných zařízení k měření výkonu motocyklů
- Návrh možnosti měření výkonu motocyklů pomocí válcové dynamické brzdy určené k měření výkonu osobních automobilů
- Závěr

Seznam odborné literatury:

- [1] VLK, František. Zkoušení a diagnostika motorových vozidel / : výkon vozidla, brzdné vlastnosti, převodová ústrojí, řízení, geometrie kol, tlumiče a pružiny, řiditelnost a ovladatelnost, životnostní zkoušky, motor, zapalování, elektronické systémy. 1. vyd. Brno : Prof.Ing.František Vlk,DrSc., nakladatelství a vydavatelství, 2001. 576 s. ISBN 80-238-6573-0.
- [2] Motorcycle dyno models [online]. 1995 [cit. 2011-10-20]. Dynojet Research, Inc. Dostupné z WWW: <[http://www.dynojet.com/motorcycle\\_dyno/default.aspx](http://www.dynojet.com/motorcycle_dyno/default.aspx)>.
- [3] Land-and-sea [online]. 2000, 13.10.2011 [cit. 2011-10-20]. DYNO mite Motorcycle / ATV Dynamometer. Dostupné z WWW: <<http://www.land-and-sea.com/motorcycle-dyno/motorcycle-dyno.htm>>.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Ondřej Maršálek

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2011/12.

V Brně, dne 16.11.2011



prof. Ing. Václav Píštěk, DrSc.  
Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.  
Děkan



## **ABSTRAKT**

Tato bakalářská práce se zabývá principem fungování současných válcových zkušeben používaných k měření výkonu motocyklů. Dále podstatou měření, výslednými hodnotami a účelem těchto zkoušek. Následně se zabývá v současnosti používanými typy válcových výkonových zkušeben, určených pro měření výkonů motocyklů, a v závěru obsahuje možné konstrukční řešení způsobu upevnění motocyklu na válcové výkonové zkušebně, primárně určené pro měření výkonu osobních automobilů.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Motocykl, dynamometr, zkušebna, výkon, moment.

## **ABSTRACT**

This bachelor thesis deals with the principle of operation of current cylindrical performance tests, that are used to measure of motorcycles performance parameters. Furthermore the substance of measurement, the resulting values and purpose of these tests. Then comparison of used types of cylindrical brakes for measuring performance of motorcycles and at the end includes the possible construction solution of attachment of motorcycle to the dynamometer, primarily intended to measure parameters of cars.

## **KEYWORDS**

Motorcycle, dynamometer, testing, power, torque.



## BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

RAMPÁČEK, B. *Měření výkonu motocyklu*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2012. 38 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Ondřej Maršálek.



## ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením Ing. Ondřeje Maršálka a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 22. května 2012

.....

Bernard Rampáček



## PODĚKOVÁNÍ

Děkuji panu Ing. Ondřeji Maršálkovi za cenné rady a připomínky při tvorbě této práce. Dále děkuji panu Miroslavu Rollingerovi za sdílení praktických zkušeností a mnoha podkladů pro tvorbu této práce a za možnost navštívit motocyklovou výkonovou zkušebnu Integrované střední školy automobilní v Brně. Svým rodičům a přítelkyni děkuji za podporu během studia na vysoké škole.



## OBSAH

Úvod .....	9
1 Základní parametry a charakteristiky .....	10
1.1 Výkon.....	10
1.1.1 Dělení výkonu spalovacích motorů .....	10
1.1.2 Vliv atmosférických podmínek .....	12
1.2 Točivý moment .....	16
1.3 Charakteristiky motorů .....	16
2 Měření výkonu motocyklu .....	18
2.1 Měřicí zařízení .....	19
2.1.1 Válcový setrvačnickový stav .....	19
2.1.2 Válcový dynamometr .....	21
2.2 Způsoby měření .....	24
2.2.1 Dynamický výkon .....	24
2.2.2 Stacionární výkon .....	25
2.2.3 Ztrátový výkon .....	25
2.3 Podmínky pro měření.....	25
2.3.1 Zajištění motocyklu .....	25
2.3.1 Chlazení motoru .....	27
2.3.1 Ventilace a korekce dle atmosférických podmínek .....	28
2.3.2 Odvod výfukových plynů .....	28
3 Problematika měření na automobilové zkušebně .....	29
3.1 Měření výkonu automobilu.....	29
3.2 Návrh konstrukčního řešení .....	30
Závěr.....	34
Seznam použitých zkratk a symbolů .....	36
Seznam příloh .....	38





## Úvod

Měření výkonů patří mezi jednu ze zkušebních metod používaných při vývoji a konstrukci nejen motocyklů, ale všech vozidel. Poskytuje zpětnou vazbu, která může mít vliv až na projektovou fázi. Význam má však i jako diagnostická metoda při provozu a možných úpravách charakteristik motorů. Výkon samotný patří mezi podstatné parametry, v praxi samotné je však důležitý i jeho průběh v závislosti na otáčkách, nejen jeho, pokud možno, co nejvyšší hodnota. Snahou je dosáhnout ploché momentové křivky, u které nejsou v průběhu citelné propady, a hodnota točivého momentu je v širokém rozsahu otáček konstantní. Tímto způsobem docílíme předvídatelného přísunu točivého momentu na zadní kolo motocyklu. V případě motocyklů je často jedním z porovnávaných údajů poměr výkon/váha, který poskytuje přibližnou představu o dynamických parametrech daného stroje.



# 1 ZÁKLADNÍ PARAMETRY A CHARAKTERISTIKY

Mezi základní parametry spalovacích motorů patří hodnoty jeho maximálního výkonu a točivého momentu. U motocyklů mají tyto hodnoty a zejména jejich průběh v závislosti na otáčkách klikového hřídele, oproti ostatním silničním vozidlům, největší vliv na jízdní vlastnosti, ovladatelnost a ve výsledku i bezpečnost vůči obsluze, v tomto případě řidiči. Často zde dochází ke spojení relativně vysokých hodnot výkonu a točivého momentu vzhledem k celkové hmotnosti stroje. Například nečekaně prudký nárůst těchto hodnot může za určitých situací, například v zatáčce, či za zhoršených jízdních podmínek (déšť, šterk na vozovce), znamenat ztrátu adheze poháněného kola a zapříčinit ztrátu ovladatelnosti, což může být příčinou nehody. U jednostopých vozidel je řešení jakékoliv nenadálé situace, vzhledem k horší stabilitě dané jednostopou konstrukcí, mnohem náročnější na dovednosti řidiče a s ohledem na tendence ve společnosti dosáhnout co nejmenšího počtu zraněných, či dokonce usmrcených osob následkem dopravních nehod je pro konstruktéry důležitý výsledný průběh těchto hodnot, protože v rámci pasivní ochrany jsou možnosti ovlivnění bezpečnosti značně omezené.

Současně konstruktér stojí před problémem dosáhnout co největší účinnosti a nejnižších emisí a spotřeby. Výkonové zkoušky jsou jedním z nástrojů k optimalizaci těchto problémů.

## 1.1 VÝKON

Výkon je skalární veličina definovaná jako množství práce za jednotku času. V historii se potřeba definice výkonu objevila spolu s vynálezem parního stroje, první snahy se datují roku 1702, kdy si pan Thomas Savery zapsal porovnání práce parního stroje s počtem koní, které by namísto něj musely být použity. Této myšlenky se na konci 18. století ujal James Watt, který se snažil o lepší prodej svého parního stroje. Aby poskytl číselné porovnání s použitím zvířat, pozorováním odhadnul, že kůň je schopen vyzvednout 33 000 lbs·ft/min. Tím definoval koňskou sílu. Nástupem soustavy jednotek SI došlo k přepočtu Wattovy koňské síly na tzv. mechanickou koňskou sílu s jednotkou 1 HP (angl. Horse power), definované jako 745,699 87 W, opačný přepočet 1 kW= 1,341 02 HP. V Německu byla na konci 19. století definována tzv. metrická koňská síla s jednotkou 1 PS (něm. Pferdestärke) jako 735,498 75 W, opačný přepočet 1 kW=1,359 62 PS. Vychází z práce, kterou musí vykonat kůň, aby vyzvednul břemeno o hmotnosti 75 kg (1 kp – kilopond je definovaný jako síla 1 kg hmotného břemena v tíhovém poli země, tj.  $g = 9,806\ 65\ \text{m/s}^2$ ) o 1 m.

*„Spalovací motor je tepelný stroj, který spalováním paliva získává tepelnou energii a využitím vhodného plynného média ji převádí na mechanickou práci.“ [1]*

Čím více tepelné energie spalovacímu motoru dodáme ve formě směsi vzduchu a paliva, tím více získáme práce a tím větší bude výsledný výkon. Důsledkem dějů probíhajících ve spalovacím motoru, zejména ztrát, se výkon tepelného cyklu liší od výkonu přítomného na výstupním hřídeli.

### 1.1.1 DĚLENÍ VÝKONU SPALOVACÍCH MOTORŮ

#### INDIKOVANÝ VÝKON

Indikovaný výkon je hodnotou, která je získaná prací ve vnitřním prostoru válce během pracovního oběhu spalovacího motoru při zanedbání ztrát.



K určení indikovaného výkonu se využívá p-V diagramu, z něhož se určí plocha získané indikované práce, u víceválcových motorů pak součet těchto prací diagramů všech válců.

Indikovaný výkon [W]: [7]

$$P_{i/1} = W_{i/1} \frac{n}{k \cdot 60} \quad (1)$$

Kde  $W_{i/1}$  indikovaná práce oběhu [J],  
 $n$  otáčky [ $\text{min}^{-1}$ ],  
 $k$  koeficient,  $k = 1$  pro 2dobý,  $k = 2$  pro 4dobý motor.

### EFEKTIVNÍ VÝKON

Efektivní – užitečný - výkon je změřený v místě odběru, u spalovacího motoru na výstupním konci klikového hřídele. Tato hodnota představuje využitelný výkon pro pohon spotřebičů, tzn. i samotného vozidla.

Oproti indikovanému výkonu je nižší o ztráty způsobené třením pohybujících se částí, pohonem zařízení nutných k chodu motoru, o hydraulické ztráty a ztráty způsobené odpory při výměně pracovní náplně válců.

Efektivní výkon [W]: [1]

$$P_e = M \cdot \omega = M \cdot 2 \cdot \pi \cdot n \quad (2)$$

Kde:  $M$  točivý moment [ $\text{N} \cdot \text{m}$ ],  
 $\omega$  úhlová rychlost [ $\text{rad} \cdot \text{s}^{-1}$ ],  
 $n$  otáčky [ $\text{s}^{-1}$ ].

Efektivní výkon lze také získat jako rozdíl indikovaného výkonu a výkonu ztrátového.

### ZTRÁTOVÝ VÝKON

Ztrátový výkon je tvořen spotřebovaným výkonem během výměny pracovní náplně válce během pracovního cyklu, výkonem nutným k překonání ztrát způsobených třením pohybujících se částí a hydraulických ztrát, dále výkonem nutným k pohonu spotřebičů potřebných pro jeho činnost, mezi něž patří rozvodový mechanismus, systém mazání, chlazení, regulace, dopravy a přípravy směsi, elektrické výstroje a případně mechanismus přepínání.

Poměr efektivního a ztrátového výkonu vyjadřuje mechanickou účinnost daného motoru.

Mechanická účinnost [-]: [5]

$$\eta_m = \frac{P_e}{P_z} \quad (3)$$

Kde  $P_e$  efektivní výkon [W],  
 $P_z$  ztrátový výkon [W].



### 1.1.2 VLIV ATMOSFÉRICKÝCH PODMÍNEK

Spalovací motor potřebuje pro svoji činnost směs vzduchu a paliva. Spalováním této směsi vzniká silové působení na píst a tím motor koná práci. Velikost této výsledné práce je ovlivněna, kromě samotné konstrukce motoru, množstvím a vlastnostmi paliva a vzduchu tvořící směs. Každé palivo potřebuje k teoreticky dokonalému spálení určité množství vzduchu (např. u zážehových motorů spalujících benzín na 1 kg paliva 14,7 kg vzduchu). Tento hmotnostní poměr paliva a vzduchu nazýváme stechiometrický poměr. Pro porovnání skutečné přivedené hmotnosti vzduchu vůči hmotnosti vzduchu potřebné pro stechiometrické spalování je definován součinitel přebytku vzduchu  $\lambda$  [-]: [7]

$$\lambda = \frac{M_V}{M_p \cdot L_{VT}}. \quad (4)$$

Kde	$M_V$	hmotnost suchého vzduchu ve směsi [kg],
	$M_p$	hmotnost paliva ve směsi [kg],
	$L_{VT}$	teoretické množství suchého vzduchu potřebné k dokonalé oxidaci 1kg paliva [kg/kg].

Přičemž platí: [1]

$\lambda=1$	skutečně přivedená hmotnost vzduchu odpovídá teoretické potřebě,
$\lambda<1$	nedostatek vzduchu (bohatá směs),
$\lambda>1$	přebytek vzduchu (chudá směs).

Součinitel přebytku vzduchu je důležitým parametrem pro řídicí systém motoru určující složení směsi. Často je sledována jeho hodnota při měření výkonu motoru a nastavení řídicího systému se podle něj upravuje.

Atmosférický vzduch je směs suchého vzduchu a vodní páry. Pro výpočet jednotlivých stavů lze obě tyto složky považovat s vyhovující přesností za ideální plyny, což znamená, že oproti plynům reálným se idealizuje závislost jejich látkových vlastností na změně stavu, především závislost na teplotě a v menší míře i na tlaku. Základní stavové veličiny plynů jsou teplota, tlak a měrný objem plynu, respektive jeho převrácená hodnota - hustota  $\rho$  [kg·m<sup>3</sup>]. Vztah mezi těmito veličinami určuje stavová rovnice pro 1kg ideálního plynu: [7]

$$p \cdot v = r \cdot T. \quad (5)$$

Kde	$v$	měrný objem [m <sup>3</sup> ·kg <sup>-1</sup> ],
	$p$	tlak [Pa],
	$T$	teplota [K],
	$r$	měrná plynová konstanta [J·kg <sup>-1</sup> ·K <sup>-1</sup> ].

Nebo pro  $m$  kg ideálního plynu: [7]

$$p \cdot V = m \cdot r \cdot T. \quad (6)$$

Kde	$V$	objem [m <sup>3</sup> ],
	$m$	hmotnost [kg].



Stavová rovnice rovněž slouží k určení teoretického množství čerstvé náplně válce spalovacího motoru. Plynová konstanta je při teoretických výpočtech neměnná, u motorů bez přímého vstřikování plynová konstanta vzduchu (při teplotě  $0^{\circ}\text{C}$  a tlaku  $101,325\text{ kPa}$   $r = 287\text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ ), resp. u motorů s přímým vstřikováním plynová konstanta směsi vzduchu a paliva. Objem je brán buď jako zdvihový objem jednoho válce, v tom případě počítáme s hmotností pracovního média pouze jednoho válce, nebo součet zdvihových objemů všech válců a hmotnost pracovního média celková na všechny válce (za jeden pracovní oběh). Teplota a tlak jsou u nepřehřívávaných motorů okolní – atmosférické hodnoty. Vliv atmosférických hodnot stavových veličin na výkon je následující:

### ATMOSFÉRICKÁ TEPLOTA

Hustota vzduchu je ovlivněna jeho teplotou a má vliv na plnicí účinnost motoru. S rostoucí teplotou klesá jeho hustota, do válce, který má neměnný objem, se dopraví menší hmotnost čerstvé náplně a vyvine se tedy i méně tepla při spalování. Tím se zmenší i výkon motoru. U zážehových motorů může zvýšení atmosférické teploty vyvolat detonační chod. Naopak při příliš nízké atmosférické teplotě dochází vlivem vysoké hustoty vzduchu ke špatnému (nehomogennímu) míšení směsi. Cílem řídicích systému motoru je dosáhnout za všech okolností co možná nejvíce homogenní směsi ve válci, což znamená, že směs má v celém objemu stejné vlastnosti. Vlivem nehomogenní směsi může docházet k vynechávání motoru a zvýšení emisí, jako důsledek špatného spalování.

### ATMOSFÉRICKÝ TLAK

Hmotnost vzduchu (směsi) ve válci závisí přibližně přímo úměrně na atmosférickém tlaku. Zvýšením atmosférického tlaku dosáhneme většího množství vzduchu ve válci a tím i většího výkonu. Stejného principu využívají přeplňované motory. Motorům bez přeplňování se též říká „atmosféricky plněné“. Atmosférický tlak je způsobený silovým působením váhy vzduchu v zemské atmosféře, proto se liší v závislosti na nadmořské výšce, u hladiny moře je nejvyšší, naopak s rostoucí výškou klesá. Vlivem atmosférických proudění se však mění i jeho hodnota v čase.

### ATMOSFÉRICKÁ VLHKOST

Jak již bylo řečeno, atmosférický vzduch je vždy směsí suchého vzduchu a vodní páry, proto se nazývá vlhký vzduch. Oproti jiným směsím různých plynů se nemohou složky vyskytovat v libovolném poměru, ale množství par v plynu (vzduchu) je omezeno závislostí tlaku syté páry  $p_p$  [Pa] na teplotě sytosti  $t_s$  [K], v tomto případě teplotě směsi – vlhkého vzduchu. Tlak přehřáté páry  $p_p$  [Pa], odpovídající této teplotě, vystupuje ve směsi jako nejvyšší možný parciální tlak par vedle parciálního tlaku vzduchu  $p_v$  [Pa]. Podle Daltonova zákona platí: [8]

$$p = p_v + p_p. \quad (7)$$

Kde	$p$	celkový tlak směsi [Pa],
	$p_v$	parciální tlak suchého vzduchu [Pa],
	$p_p$	parciální tlak přehřáté páry [Pa].

„Čím větší množství vodních par je obsaženo ve vzduchu, tím nižší je parciální tlak vzduchu v této směsi, takže tím menší hmotnost vzduchu se dopraví do válce.“ [3] Vyšší vlhkost tedy snižuje výkon, ale má i pozitivní vliv na redukci produktů nedokonalého spalování.



Z důvodu omezení parciálního tlaku teplotou směsi je rovněž omezeno i množství par, které je suchý vzduch schopen pojmout. Rozlišujeme tedy dále tyto typy vlhkého vzduchu:

- Nenasycený vlhkostí – s přehřátou vodní párou.
- Nasycený vlhkostí – se sytou vodní párou.
- Přesycený vlhkostí – se sytou vodní párou a navíc s pevnou a/nebo kapalnou fází vody.

Nejčastěji se vlhký vzduch v atmosféře vyskytuje ve stavu nenasyceném. Pro výpočty s použitím stavové rovnice a zjištění hustoty vlhkého stavu změříme tlak a vlhkost vzduchu, tlak barometrem, aneroidem, vlhkost např. psychrometrem podle vztahu (7) a (8): [8]

$$p_p = p''_{pm} - 66 \cdot (t_s - t_m) \cdot \frac{p}{100670} \quad (8)$$

Kde	$p_p$	parciální tlak přehřáté páry [Pa],
	$p''_{pm}$	parciální tlak syté vodní páry při teplotě $t_m$ (z přílohy I.) [Pa],
	$t_s$	teplota suchého teploměru [°C]
	$t_m$	teplota mokrého teploměru [°C]
	$p$	barometrický tlak vzduchu [Pa].

Ze vztahu (7) následně dosadíme do vztahu pro relativní vlhkost:

$$\varphi = \frac{p_p}{p''_p} \quad (9)$$

Kde	$p_p$	parciální tlak přehřáté páry [Pa],
	$p''_p$	parciální tlak syté vodní páry při teplotě $t_s$ (z přílohy I.) [Pa].

Např. naměřili jsme tyto hodnoty:

- barometrický tlak 101 325 Pa,
- teplota suchého teploměru 23,8 °C,
- teplota mokrého teploměru 16,4 °C.

Z tabulek Vlastností vlhkého vzduchu viz příloha I. trojčlenkou vypočítáme hodnotu parciálního tlaku syté vodní páry pro teplotu mokrého teploměru  $p''_{pm} = 1\,749,26$  Pa a dosadíme do rovnice (7):

$$\begin{aligned} p_p &= p''_{pm} - 66 \cdot (t_s - t_m) \cdot \frac{p}{100670} = \\ &= 1749,26 - 66 \cdot (23,8 - 16,4) \cdot \frac{101325}{100670} = 1257,68 \text{ [Pa]}. \end{aligned} \quad (10)$$

Následně opět trojčlenkou vypočteme hodnotu parciálního tlaku syté vodní páry pro teplotu suchého teploměru (atmosférickou teplotu)  $p''_p = 2\,947,2$  Pa a z rovnice (8) získáme hodnotu relativní vlhkosti:

$$\varphi = \frac{p_p}{p''_p} = \frac{1257,68}{2947,2} = 0,43 \text{ [-]}. \quad (11)$$

Hodnota relativní vlhkosti z naměřených hodnot vychází 43%.



Hustota vlhkého vzduchu  $\rho$  [ $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ] (měrná hmotnost) je dána vztahem: [8]

$$\rho = \rho_v + \rho_p = \frac{p_v}{r_v \cdot T} + \frac{p_p}{r_o \cdot T} = \frac{p - \varphi \cdot p''_p}{r_v \cdot T} + \frac{\varphi \cdot p''_p}{r_o \cdot T} = \frac{1}{T} \cdot \left[ \frac{p}{r_v} + \varphi \cdot p''_p \cdot \left( \frac{1}{r_v} - \frac{1}{r_p} \right) \right]. \quad (12)$$

Kde	$\rho_v$	hustota suchého vzduchu [ $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ],
	$\rho_p$	hustota přehřáté páry [ $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ],
	$p_v$	parciální tlak suchého vzduchu [Pa],
	$p_p$	parciální tlak přehřáté páry [Pa],
	$r_v$	měrná plynová konstanta suchého vzduchu, $r_v = 287,1 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ,
	$r_p$	měrná plynová konstanta přehřáté vodní páry, $r_p = 461,5 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ,
	$T$	teplota vlhkého vzduchu – teplota suchého teploměru $t_s + 273,15$ [K],
	$p$	celkový tlak vlhkého vzduchu (barometrický) [Pa],
	$p''_p$	parciální tlak syté vodní páry při teplotě $t_s$ (z přílohy I.) [Pa],
	$\varphi$	relativní vlhkost [-].

Po úpravě:

$$\rho = \frac{1,316 \cdot 10^{-3}}{T} \cdot [2,65 \cdot p + \varphi \cdot p''_p]. \quad (13)$$

A dosazení:

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1,316 \cdot 10^{-3}}{T} \cdot [2,65 \cdot p + \varphi \cdot p''_p] = \\ &= \frac{1,316 \cdot 10^{-3}}{296,95} \cdot [2,65 \cdot 101325 + 0,43 \cdot 2947,2] = 1,196 [\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}]. \end{aligned} \quad (14)$$

Hustotu samotného suchého vzduchu z této směsi získáme jako převrácenou hodnotu měrného objemu úpravou stavové rovnice (4) a snížením barometrického tlaku o hodnotu parciálního tlaku přehřáté páry podle vztahu (6):

$$\rho = \frac{p - p_p}{r \cdot T} = \frac{101325 - 1257,68}{287,1 \cdot 296,95} = 1,174 [\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}]. \quad (15)$$

Pokud bychom počítali hustotu pouze suchého vzduchu za stejných podmínek – tlak a teplota, tzn. hustota vzduchu bez jakékoliv vlhkosti, vyšla by nám z upravené stavové rovnice (4) hustota:

$$\rho = \frac{p}{r \cdot T} = \frac{101325}{287,1 \cdot 296,95} = 1,189 [\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}]. \quad (16)$$

Výsledné hodnoty hustot suchého vzduchu jsou důkazem, že vzdušná vlhkost snižuje výkon, protože do spalovacího prostoru o neměnném zdvihovém objemu se dopraví menší množství suchého vzduchu, na úkor vodních par.



## 1.2 TOČIVÝ MOMENT

Točivý moment, jinak též nazývaný krouticí, je momentem síly, vektorovou fyzikální veličinou, vyjadřující otáčivý účinek síly na rameni okolo osy hřídele.

Točivý moment [N·m]: [6]

$$M_K = F \cdot r. \quad (17)$$

Kde  $F$  síla [N],  
 $r$  délka ramene [m].

Nebo

$$M_K = I \cdot \varphi. \quad (18)$$

Kde  $I$  moment setrvačnosti [kg·m<sup>2</sup>],  
 $\varphi$  úhlové zrychlení [rad·s<sup>-2</sup>].

První koncepce momentů síly byla definována Archimédem v roce 260 př. n. l. v díle o statické rovnováze těles.

Vzájemnou závislost točivého momentu a výkonu popisuje vztah (2).

## 1.3 CHARAKTERISTIKY MOTORŮ

Charakteristikami motoru se nazývají grafická znázornění vzájemných závislostí vybraných provozních veličin motoru v soustavě pravoúhlých souřadnic. V našem případě se jedná o konečný výstup měřicího zařízení, rozlišujeme však více druhů charakteristik a účelu jejich použití. Charakteristiky lze také vypočítat na základě známých dostupných parametrů pomocí simulačního softwaru. Rozlišujeme tyto základní charakteristiky: [9]

### OTÁČKOVÉ (RYCHLOSTNÍ) CHARAKTERISTIKY

Vyjadřují závislost točivého momentu motoru a užitečného (efektivního) výkonu (případně dalších parametrů jako např. měrné spotřeby paliva) na - nezávislé proměnné - otáčkách klikového hřídele motoru při konstantní poloze ovládacího zařízení řízení dodávky paliva do motoru. Vnější otáčkovou charakteristiku získáme měřením při nastavení ovládacího ústrojí motoru (škrtící klapka, množství vstřikovaného paliva) pro plné zatížení motoru, tzn. do maximální polohy. Jedná se o nejpoužívanější charakteristiku užívanou nejen v odborných kruzích, ale i mezi motoristickou veřejností.

### ZATĚŽOVACÍ CHARAKTERISTIKY

Vyjadřují závislost parametrů hodnotících práci motoru (měrná efektivní spotřeba paliva, celková spotřeba paliva, efektivní účinnost, teplota výfukových plynů aj.) na zatížení motoru, přičemž otáčky motoru jsou konstantní. Zatížení motoru – nezávislá proměnná – je vyjádřeno točivým momentem motoru, efektivním tlakem, nebo efektivním výkonem motoru. Změna zatížení z minimální na maximální hodnotu se provádí změnou polohy ovládacího zařízení, udržování konstantních otáček je dosaženo měřicím zařízením – viz kapitola 2.2.2.





### REGULAČNÍ (NASTAVOVACÍ) CHARAKTERISTIKY

Vyjadřují závislost provozních veličin motoru (točivý moment, efektivní výkon aj.) na zvolené konstrukční nebo provozní veličině charakterizující seřízení motoru – úhel předstihu/předvstřiku, součinitel přebytku vzduchu, otevírací tlak trysky, časování rozvodu, složení směsi apod. Při měření měníme sledovanou nezávislou proměnnou, ostatní veličiny se podle možností udržují konstantní. Těchto charakteristik se využívá ve výzkumu, vývoji, při navrhování systémů řízení nebo seřizování konstrukčních prvků, které ovlivňují výstupní hodnoty provozních veličin motoru.

### ÚPLNÉ (CELKOVÉ) CHARAKTERISTIKY

Tuto charakteristiku získáme na základě měření vnější otáčkové charakteristiky a soustavy zatěžovacích charakteristik. Vyjadřuje průběh křivek konstantní měrné spotřeby paliva, konstantního zatížení motoru a konstantního efektivního výkonu v souřadnicích středního efektivního tlaku – otáček motoru. Zatížení bývá určené buď točivým momentem, nebo středním efektivním tlakem. Úplné charakteristiky mají význam při projektování pohonu, umožňují komplexní pohled na pracovní oblasti motoru včetně nejpodstatnějších veličin a jejich vzájemných vztahů.

### ZVLÁŠTNÍ CHARAKTERISTIKY

**Výšková charakteristika** - průběh provozních veličin v závislosti na nadmořské výšce, viz kapitola 1.1.2.

**Přechodové charakteristiky** - znázorňují závislosti provozních veličin spalovacího motoru na čase v neustálených režimech. Jedná se o podstatné charakteristiky spalovacích motorů, hlavní uplatnění je během řešení dynamiky pohonů, při řešení problémů řízení a regulace spalovacích motorů v součinnosti s poháněnými spotřebiči atd. Neustálenými režimy rozumíme: [4]

- Změna zatížení při stálém množství dodávaného paliva - při neměnné poloze ovládacího ústrojí motoru dochází ke změně jízdnic odporů,
- změna množství dodávaného paliva při stálém zatížení – nemění se zatížení motoru, ale dochází k regulaci ovládacím ústrojím motoru,
- teplý nebo studený start motoru - vliv prohřívání motoru,
- kombinace předešlých režimů.



## 2 MĚŘENÍ VÝKONU MOTOCYKLU

Měření efektivního výkonu motoru motocyklu je možné provádět přímo na motorovém dynamometru, kdy měříme výkon na klikové hřídeli motoru, přičemž toto měření je sice přesnější, neovlivňují ho ztráty v převodech, ale výsledek může být zkreslený vlivem odlišného uspořádání konstrukčního celku oproti kompletnímu motocyklu. Při provozu vozidel je časově náročné demontovat motor za účelem měření výkonu, proto se provádí měření pomocí válcové výkonové zkušebny.



*Obr. 2.1 Válcová výkonová zkušebna pro motocykly ISŠA Brno*



## 2.1 MĚŘÍCÍ ZAŘÍZENÍ

Válcová výkonová zkušebna je zařízení, které nám dovoluje provádět zátěžové zkoušky na vozidle, přičemž samotné vozidlo je vůči zemi během zkoušení v klidu. Výsledný výkon je měřený na poháněném kole. Základní dělení válcových výkonových zkušeben je: [2]

- Válcový setrvačnickový stav
- Válcový dynamometr

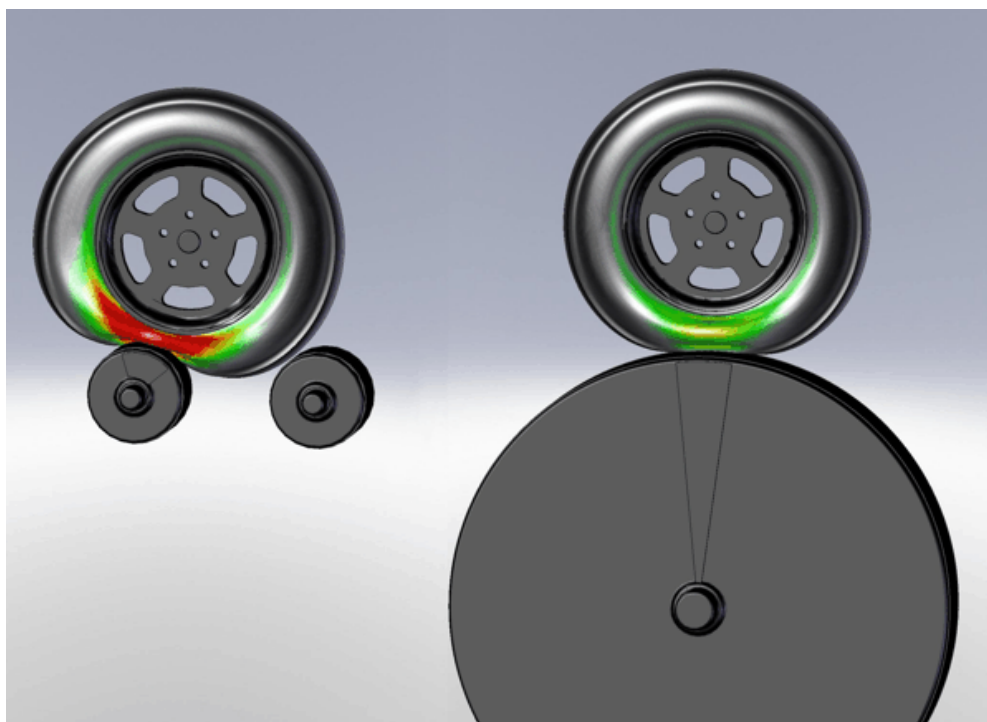
### 2.1.1 VÁLCOVÝ SETRVAČNÍKOVÝ STAV

V principu se jedná o velice jednoduché zařízení, které se skládá z jednoho nebo dvou ocelových válců a případných setrvačníků uložených v ložiskách v rámu.



*Obr. 2.2 Válcový setrvačnickový stav [11]*

Podle počtu válců rozlišujeme monoválcové a duoválcové výkonové zkušebny. V případě monoválcových má zařízení pouze jeden válec, často většího průměru, na který je přiveden výkon zkoušeného zařízení. Tento typ lépe simuluje kontakt pneumatiky s vozovkou a tím i valivý odpor pneumatiky, než je tomu v případě duoválcových zkušeben, u kterých jsou použity dva válce menších průměrů. Při působení točivého momentu od motoru způsobují válce malého průměru větší deformaci pneumatiky, disipují tím energii dodanou motorem v teplo, čímž zkreslují výsledné výkonové charakteristiky.



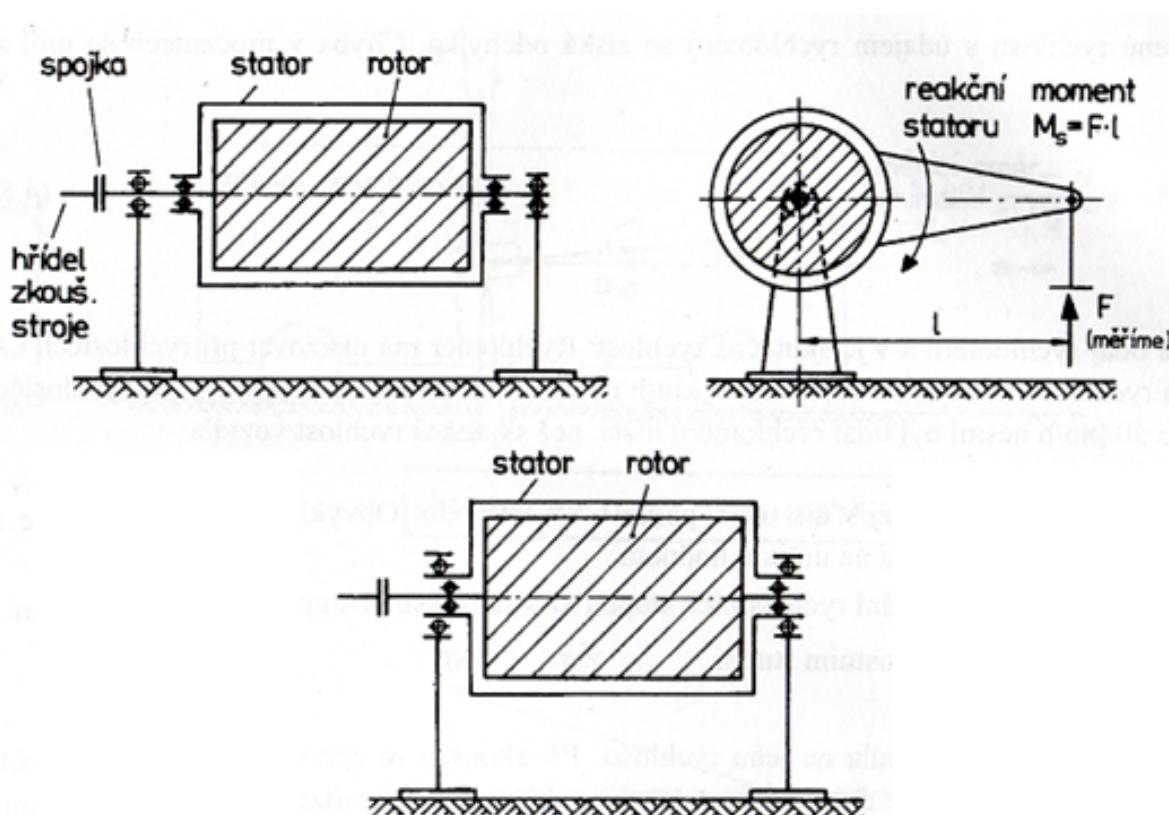
*Obr. 2.3 Rozdíl v deformaci pneumatiky mezi dvou- a jednoválcovou zkušebnou [10]*

I přes vyšší cenu se v praxi pro lepší výsledky používají častěji monoválcové zkušebny. Ocelový válec bývá hladký, nebo s rýhováním, čímž docílíme větší styčné plochy mezi pneumatikou a válcem. Existují i válce rádlované, ale zde nesmí dojít k prokluzu pneumatiky, protože by došlo k jejímu poškození. Válec musí být co nejlépe staticky vyvážený (těžiště musí ležet v ose rotace), mnohdy i dynamicky (osa rotace je zároveň osou setrvačnosti) a má přesně určený moment setrvačnosti. Kvalita vyvážení má vliv na přesnost měřených hodnot a také výkonová omezení měření. Nevyvážený válec zatěžuje uložení vibracemi snižujících životnost ložisek a znemožňujících dosáhnout vyšších otáček – snižujících maximální rychlost. Vzhledem k hmotnostem válců, pohybujících se v řádech stovek kg (u zařízení k měření výkonu automobilů i několik tun), může mít selhání uložení za následek škody na majetku, ale i životě obsluhy měřícího zařízení. Dále je setrvačnickový stav vybaven inkrementálním snímačem snímajícím polohu a zrychlení válce. Hodnoty momentu setrvačnosti a zrychlení válce jsou podstatné při dynamické zkoušce, viz kapitola 2.2.1.



### 2.1.2 VÁLCOVÝ DYNAMOMETR

Oproti setrvačnickovému stavu je zde navíc dynamometr, který působí proti měřenému točivému momentu motoru, přenášeného přes zadní kolo na ocelový válec, brzdným momentem, proto bývá též označen jako „brzda“. Velikost brzdného momentu buď známe, nebo ho můžeme měřit. Konstrukčně se jedná o zařízení, které je svým rotorem, otáčejícím se ve statoru, spojeno s ocelovým válcem výkonové zkušebny. Děje mezi statorem a rotorem mají za následek vznik brzdného momentu, kterým je rotující válec, potažmo motor motocyklu, brzděn. Energie takto mařená se mění na teplo, které bývá nutné odvádět vodním chlazením a u některých dynamometrů také na elektrický proud, dle typu. Dynamometry bývají uloženy výkyvně a reakční moment působící proti brzdnému momentu je měřen jako síla na konci ramene, podle vztahu (4), tělesa statoru dynamometru tenzometrickým snímačem.

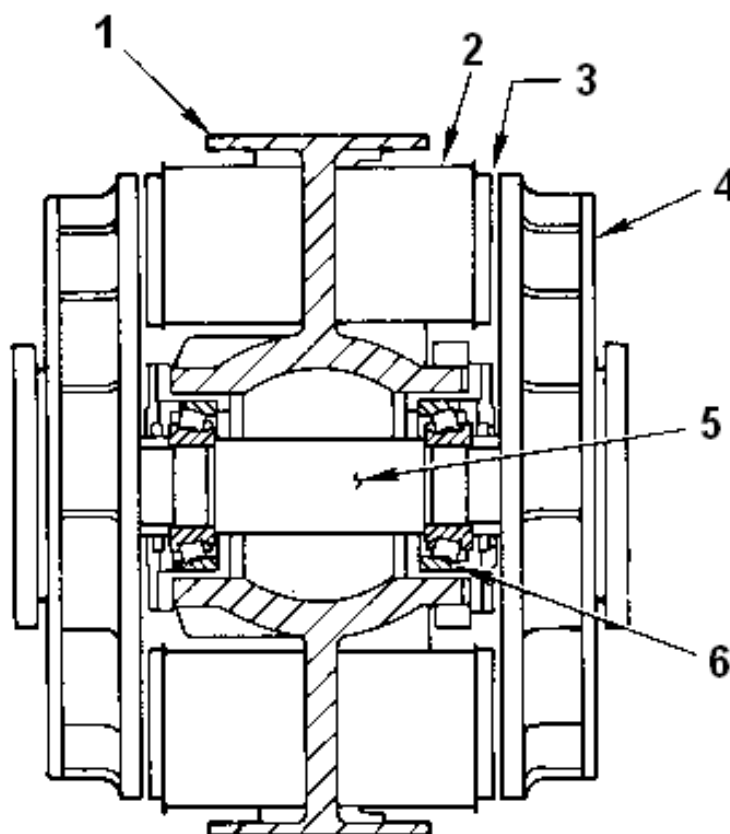


Obr. 2.4 Uložení dynamometru [2]

Dynamometry dělíme na pasivní a aktivní. Pasivní dynamometry jsou schopny pouze mařit energii zkoušeného motoru, aktivní mu mohou energii i dodávat – pohánět ho. Toho se využívá u některých typů zkoušek, při kterých motor nemusí být vůbec v běhu, nebo k simulaci reálných podmínek provozu. U válcových výkonových zkušeben pro měření výkonu motocyklů se nejčastěji používají tyto typy dynamometrů:

### ELEKTROMAGNETICKÉ VÍŘIVÉ DYNAMOMETRY

Tyto pasivní dynamometry pracují na principu elektromagnetické indukce a vířivých proudů k vytváření brzdného momentu a disipace energie. O vířivých proudech hovoříme jako o proudech indukovaných v uzavřených elektrických obvodech vlivem změny magnetického indukčního toku v jejich okolí. Pokud umístíme uzavřený el. obvod do stacionárního magnetického pole – nemění se v čase, žádný proud se v něm neindukuje. K indukci dojde při rozpohybování obvodu, při rozpohybování zdroje magnetického pole nebo při změně intenzity magnetického pole (např. změnou el. proudu procházejícího cívkami). Indukovaný proud ve smyčce se brání změně, která jej vyvolala a tím brzdí rotor.

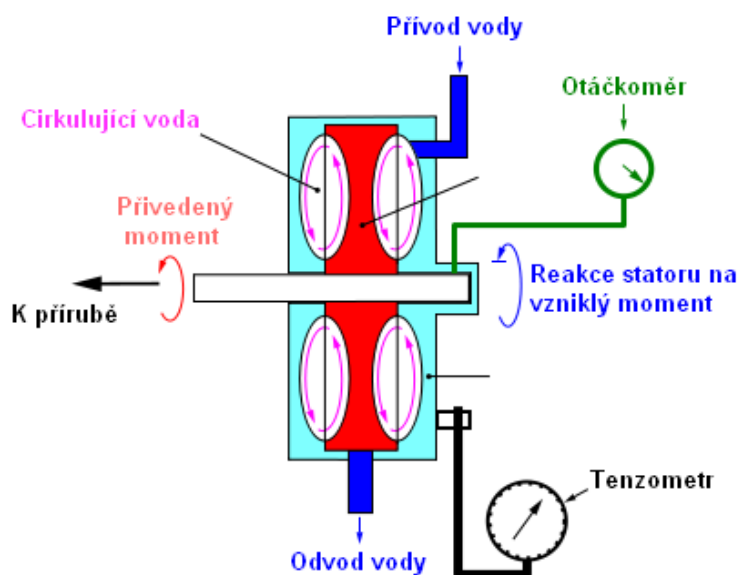


Obr. 2.5 Elektromagnetická vířivá brzda chlazená vzduchem [9]: 1 – rám; 2 – budicí cívka; 3 – vzduchová mezera; 4 – rotor s přírubou; 5 – hřídel rotoru; 6 – ložisko;

Přivedením stejnosměrného proudu do budicího vinutí cívky vzniká magnetické pole, jehož siločivky protíná rotující rotor. Ten zastává funkci uzavřené smyčky, v ní se indukuje elektrický proud bránící změně, která jej vyvolala – rotaci. Energie přivedená z měřicího válce na rotor dynamometru se během brzdění přeměňuje v rotorech v teplo, které musí být odváděno. K chlazení jsou určeny přímo rotory obsahující chladicí žebra, pomocí nichž se s rostoucími otáčkami rotoru zvyšuje i průtok chladicího vzduchu. Vířivé dynamometry nepůsobí žádným brzdným momentem v blízkosti nulových otáček, protože nedochází k žádným změnám nutným k indukci proudu v rotorech. Výhodou těchto dynamometrů je možnost velkého brzdného točivého momentu i v nižších otáčkách a snadná, rychlá a přesná regulace zatížení.

## HYDRODYNAMICKÉ DYNAMOMETRY

Dalším pasivním dynamometrem používaným na motocyklových válcových zkušebnách je hydrodynamický dynamometr. Zde se přivedená energie mění v teplo vnitřním třením částic kapaliny, nejčastěji vody. Celý děj probíhá ve vodotěsném satoru, ve kterém jsou toroidní vybrání. Stejná vybrání má i uvnitř umístěný rotor a ve vytvořených dutinách mezi rotorem a statorem cirkuluje voda. Uvedením rotoru do pohybu dojde k většímu víření vody a vlivem odporu vody vzniká brzdný účinek proti přivedené energii na rotoru dynamometru. Regulace brzdného účinku se nejčastěji provádí změnou množství přiváděné vody pomocí ventilů na přívodu a odvodu. Voda kromě funkce pracovního média slouží i k chlazení a odvodu zmařené energie.



Obr. 2.6 Hydrodynamický dynamometr [12]

Oproti vířivým dynamometrům se jedná o jednodušší zařízení, je levnější, má menší moment setrvačnosti a dovoluje dosáhnout vysokých otáček, avšak potřebuje další aparáty pro dodávku vody, která je hlavním pracovním médiem. Dalším negativem je horší regulace brzdného momentu.

## ASYNCHRONNÍ STŘÍDAVÉ DYNAMOMETRY

Okrajovou záležitostí jsou asynchronní střídavé dynamometry. Jedná se v podstatě o asynchronní elektromotory s kotvou nakrátko. Přivedením trojfázového střídavého proudu na vinutí jejich statoru vzniká točivé magnetické pole indukující napětí v rotoru a vyvolávající moment otáčející rotorem. Tyto dynamometry mohou pracovat jako pasivní – generátorický chod - a působí brzdným momentem, nebo jako aktivní – dynamometr pohánící válec výkonové zkušebny. Řízením otáček elektromotoru frekvenčním měničem poskytuje nejdokonalější kontrolu zatěžování motoru při výkonových zkouškách, výhodou je také nízký moment setrvačnosti, nevýhodou je cena.



## 2.2 ZPŮSOBY MĚŘENÍ

Při měření výkonu pomocí válcové výkonové zkušebny lze změřit dynamický, stacionární a ztrátový výkon. Pro získání co možná nejpřesnějších výsledků výkonové zkoušky se tyto typy zkoušek kombinují.

### 2.2.1 DYNAMICKÝ VÝKON

Tato metoda využívá výpočtu točivého momentu pomocí vztahu (7) a výkon následně získáme ze vztahu (3). Válcová výkonová zkušebna je tzv. setrvačná.

Patří mezi nejjednodušší a jedná se o jedinou metodu, kterou lze praktikovat na válcovém setrvačnickovém stavu. Ocelový válec je roztáčen poháněným kolem motocyklu a zároveň měříme jeho otáčky. Ze známého momentu setrvačnosti válce dopočítáváme výkon, avšak na výslednou hodnotu výkonu má vliv i moment setrvačnosti celé soustavy pohonného ústrojí motocyklu, kterou však na počátku měření neznáme a její přibližná hodnota se zadává do softwaru podle typu konstrukce motoru a převodů. Samotná zkouška je tzv. akcelerační, probíhá od stanovených počátečních otáček po otáčky koncové, díky změřenému úhlovému zrychlení dopočítáváme točivý moment a z něj výkon jako funkci otáček, čímž získáme rychlostní charakteristiku.

Pro vykreslení charakteristik je dále nutné určit převodový poměr, k čemuž se zpravidla, kvůli jednoduchosti, používá měření otáček motoru vůči otáčkám válce při požadovaném rychlostním stupni.

Problémem při měření je dále volba správného rychlostního stupně. U silných strojů může při měření na nižší převodové stupně dojít k prokluzu kola na válci, čímž dochází ke zkreslení výsledků. Je to zapříčiněno přivedením velkého momentu na zadní kolo v kontextu malé stykové plochy motocyklového pláště pneumatiky a měřicího válce. Zde je důležité také důsledné upnutí motocyklu na měřicí zařízení, viz kapitola 2.2. Naopak měření na vyšší převodové stupně je limitováno maximální konstrukční rychlostí měřicího válce, kterou by motocykl při měření mohl překonat a mohlo by dojít k destrukci měřicího zařízení. V praxi se proto měření provádí u slabších strojů, které svou maximální rychlostí nepřekonají maximální konstrukční rychlost měřicího válce na poslední a u silných strojů na předposlední rychlostní stupeň.

Při měření dynamického výkonu na válcových dynamometrech je výhodné působit proti točivému momentu motoru brzdícím momentem. Působením vysokého výkonu motoru by totiž mohlo dojít u válce s malým momentem setrvačnosti ke zkreslení výsledných hodnot, protože by došlo k vyhlazení propadů točivého momentu a posunutí celkových maximálních hodnot. Měření dynamického výkonu pomocí válcových dynamometrů rozlišujeme tedy na:

#### MĚŘENÍ S KONSTANTNÍM ZATÍŽENÍM MOTORU

Zatížení dynamometru je o trochu menší než výkon zkoušeného motoru. Cílem je motoru umožnit zrychlovat v daném rozsahu otáček.

#### MĚŘENÍ S KONTROLOVANÝM ÚHLOVÝM ZRYCHLENÍM MOTORU

V tomto případě je zatížení dynamometru aktivně řízeno pomocí softwaru v závislosti na úhlovém zrychlení klikového hřídele motoru. Tímto způsobem dosáhneme rovnoměrného zatížení motoru v celém rozsahu měřených otáček.





### 2.2.2 STACIONÁRNÍ VÝKON

Druhou používanou metodou je metoda měření stacionárního výkonu. Tato metoda není závislá na momentu setrvačnosti a jedná se o zkoušku při konstantních otáčkách motoru. Tuto zkoušku je možné vykonávat pouze na válcových dynamometrech, protože setrvačnickový stav bez dynamometru nemůže působit brzdícím momentem a zatěžovat tím motor. Principem je měření síly, kterou motor při konstantních otáčkách působí vůči brzděnému válci. Oproti dynamické metodě je přesnější, avšak podle zvolených zkouškových otáček nezískáváme spojitý průběh charakteristiky, ale pouze jednotlivé hodnoty za daných otáček. Porovnáním těchto metod mezi sebou lze však ověřit správnost zadání momentu setrvačnosti při dynamickém měření.

### 2.2.3 ZTRÁTOVÝ VÝKON

Podobně jako se měří výkon při dynamické zkoušce, lze přibližně změřit i ztráty popsané v kapitole 1.1.1. Zejména se jedná o ztráty v převodech, ztráty vlivem valivého odporu a aerodynamického odporu rotujícího kola.

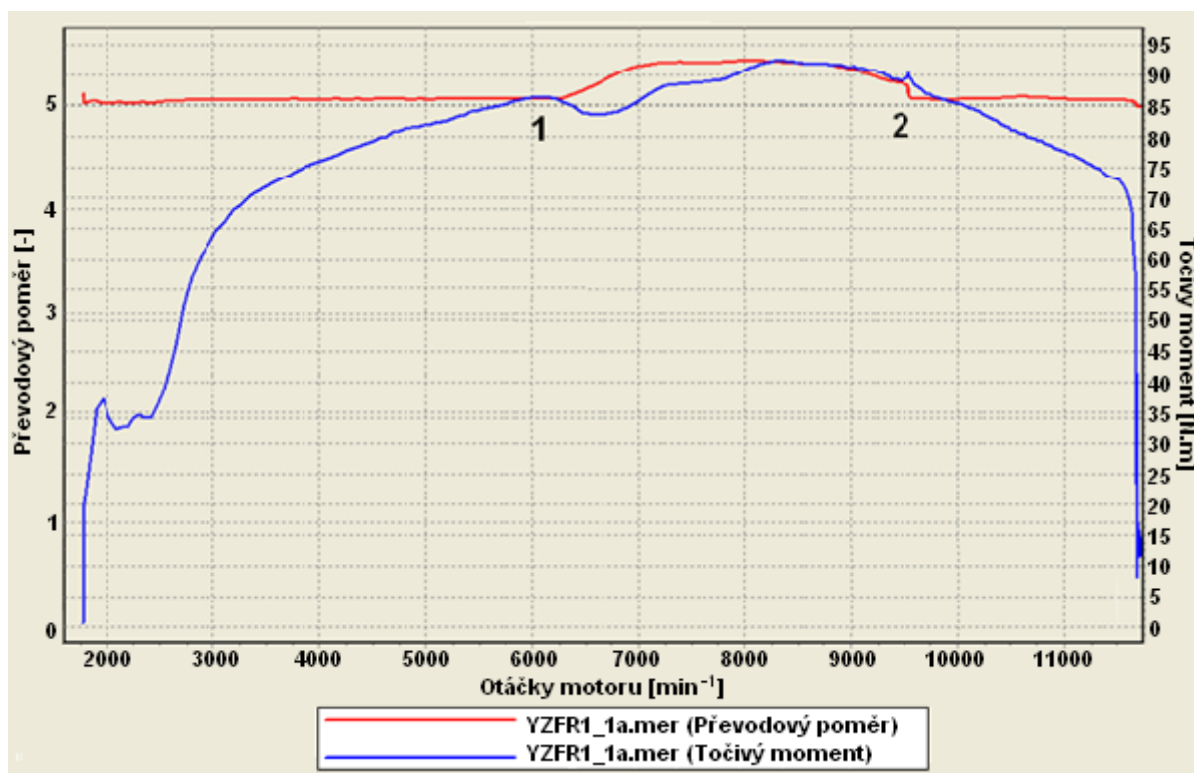
Jedna z metod měření ztrátového výkonu je založena na principu samovolné zpomalování – doběhu – výkonové zkušebny spolu s pohonným ústrojím motocyklu při vypnuté spojce (tzn. bez pístní skupiny, klikového a spojkového mechanismu, primárního převodu). Nejčastěji v praxi následuje na konci měření dynamického nebo statického výkonu. Ztrátový výkon se získá jako rozdíl mezi odlišným úhlovým zrychlením zpomalujícího měřicího válce proti úhlovému zrychlení válce zpomalujícího bez zátěže, tzn. bez přídavných ztrát vlivem motocyklu. Pomocí těchto hodnot se dopočítává přibližný výkon motoru, jelikož se od výkonu změřeného na zadním kole liší právě o tyto ztráty.

## 2.3 PODMÍNKY PRO MĚŘENÍ

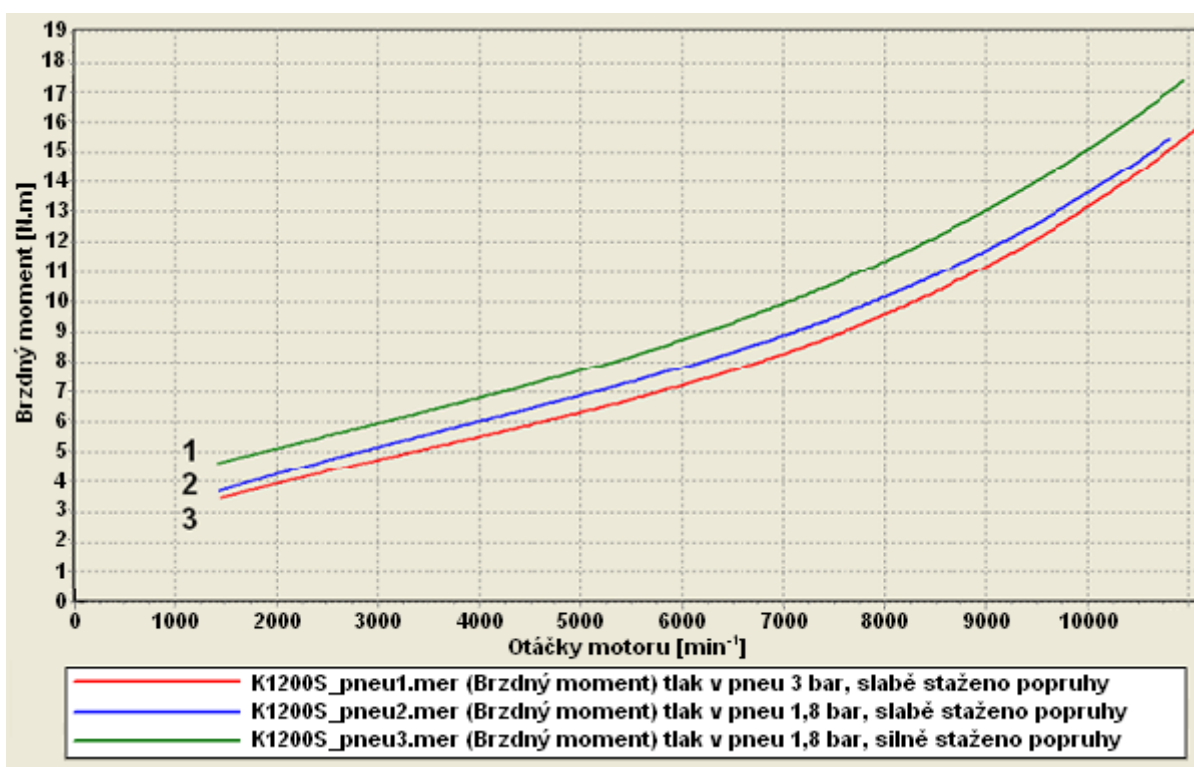
Základní podmínky pro měření na válcových výkonových zkušebnách jsou:

### 2.3.1 ZAJIŠTĚNÍ MOTOCYKLU

Vliv na celkové výsledky měření má správné zajištění polohy motocyklu vůči měřicímu válci. Kromě zabezpečení proti axiálnímu i radiálnímu pohybu je podstatné i zatížení hnacího kola ve vertikální rovině. Tímto se kompenzuje tíhový deficit vůči např. automobilům, u kterých k prokluzu hnacích kol vůči měřicímu válci a tím zkreslení výsledků měření běžně nedochází. Na setrvačnickových stavech stačí u slabších motorů zatížit motocykl obsluhou, která měření provádí. K eliminaci možného prokluzu a u válcových dynamometrů, navíc působících brzdícím momentem, se používá upínacích popruhů, které se ukotví k podlaze a jejich stáhnutím se vytvoří předpětí mezi válcem a kolem motocyklu. Míra předpětí se většinou volí na základě zkušeností obsluhy měřicího zařízení, či jejím zvýšením v případě prokluzu a opakování zkoušky. Příklad prokluzu a zkreslení výsledků měření je uveden na Obr. 2.7. Počátek prokluzu je v bodě 1. Vlivem menší působící síly na válec poklesne i hodnota točivého momentu, naopak při následném získání adheze vlivem růstu teploty prokluzující pneumatiky je projevem naakumulované energie předané válci skok v průběhu točivého momentu (bod 2). Na Obr. 2.8 jsou vyjádřeny průběhy brzdících momentů při rozdílných tlacích vzduchu v pneumatice motocyklu a různě velkém předpětí upínacích popruhů. Při nízkém tlaku a velkém předpětí (křivka 1) působí kolo motocyklu na válec větším brzdícím momentem než ve zbylých případech malého předpětí. Velikost brzdícího momentu má vliv nejen na velikost ztrátového výkonu, ale ve výsledku i na celkové průběhy výkonu a točivého momentu.



Obr. 2.7 Vliv prokluzu na průběh měřených hodnot [13]



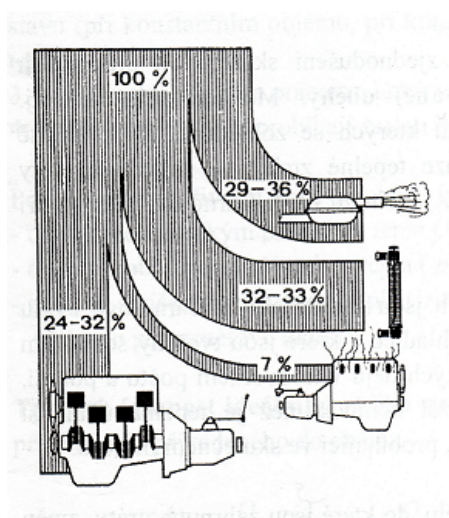
Obr. 2.8 Vliv předpětí upnutí a tlaku vzduchu v pneumatice na hodnoty brzdňého momentu [13]

Ke zvýšení přilnavosti pneumatiky a válce se v praxi používá přípravků ke zvýšení adheze klínových řemenů.



### 2.3.1 CHLAZENÍ MOTORU

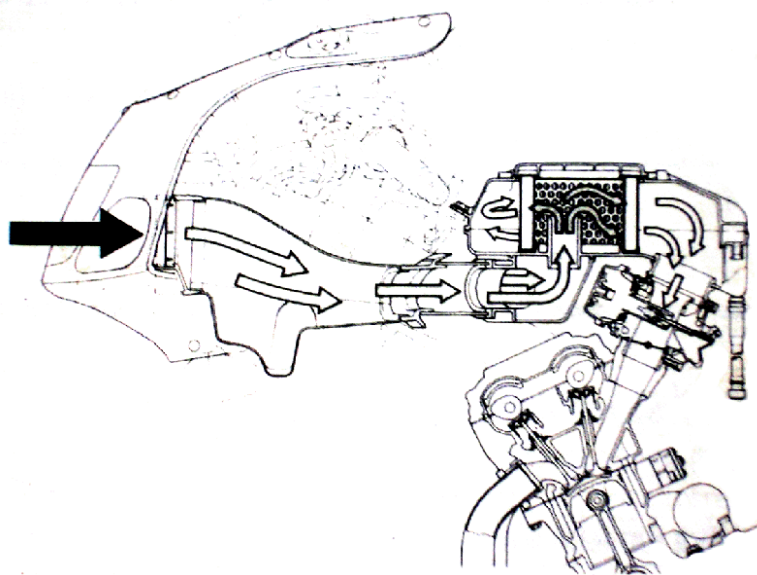
Z celkové 100% energetické hodnoty dodaného paliva je při práci spalovacího motoru přeměněno na výkon jen 32-45 %. Zbylá energie je odváděna ve formě tepla z motoru, přičemž 32-33 % je odváděno chlazením motoru ať již vzduchovým, olejovým nebo vodním. Při jízdě je motor chlazen náporem vzduchu, avšak při výkonových zkouškách je samotný stroj vůči zemi v klidu, a proto mu musíme zajistit dostatečné chlazení. V případě motocyklů je situace o to horší, že následkem omezených prostorových možností jsou chladicí systémy motocyklů konstruovány s menší rezervou než u automobilů. V praxi jsou nejčastěji ventilátory poháněné elektromotory, v případě sofistikovanějších systémů lze regulovat otáčky ventilátoru a tím i průtok chladicího vzduchu v závislosti na otáčkách válce zkušebního zařízení a podávanému výkonu. Toto má praktický význam u motocyklů vybavených systémem náporového sání, fungující na principu přepínání motoru vlivem náporu během jízdy. Ovládáním otáček ventilátoru lze simulovat různé podmínky jízdy.



Obr. 2.9 Energetická bilance pístového spalovacího motoru [1]



Obr. 2.10 Chladicí ventilátor



Obr. 2.11 Systém náporového sání SRAD firmy Suzuki [14]



### 2.3.1 VENTILACE A KOREKCE DLE ATMOSFÉRICKÝCH PODMÍNEK

V návaznosti na předchozí kapitolu je důležité během výkonových zkoušek zajistit motoru přísun čerstvého vzduchu a sledovat jeho vlastnosti. Místnosti, kde měření probíhá, bývají odvětrávány dalšími způsoby, ať již samovolným prouděním nebo pomocí ventilátorů. Jednotlivé atmosférické podmínky, popsané v kapitole 1.1.2, mohou být zadány obsluhou nebo jsou zaznamenány měřicím zařízením a zahrnuty do korekčních faktorů, mající vliv na výsledné hodnoty průběhů měřených hodnot. Tato korekce probíhá podle stanovených norem SAE, ISO, ČSN aj.

Dle normy SAE J1349 standardizované pro 25°C, 0% vlhkost a barometrický tlak 990 hPa platí pro výpočet korekčního faktoru  $c_f$  následující vztah: [9]

$$c_f = 1,118 \cdot \left[ \left( \frac{990}{p_d} \right) \cdot \left( \frac{t_c + 273}{298} \right)^{0,5} \right] - 0,18. \quad (19)$$

Kde  $p_d$  tlak vzduchu [hPa],  
 $t_c$  teplota vzduchu [°C].

### 2.3.2 ODVOD VÝFUKOVÝCH PLYNŮ

Dle uzpůsobení celkové výkonové zkušebny se používají 2 způsoby odvodu výfukových plynů. Prvním je samovolné odvětrávání vlivem proudění vzduchu od ventilátorů zajišťující chlazení motoru či ventilačního systému místnosti. Druhým, v praxi nejčastěji používaným způsobem, je použití dalšího ventilátoru pro odsávání výfukových plynů a vzduchu ohřátého od odpadního tepla chlazení. Tato zařízení musí být schopná odolávat vysokým teplotám výfukových plynů.



Obr. 2.12 Odsávání výfukových plynů ve zkušebně ISŠA Brno





### 3 PROBLEMATIKA MĚŘENÍ NA AUTOMOBILOVÉ ZKUŠEBNĚ

V této kapitole se budeme zabývat ideovým návrhem měření výkonu motocyklu na válcové dynamické brzdě, určené k měření výkonu osobních automobilů.

#### 3.1 MĚŘENÍ VÝKONU AUTOMOBILU

Ve své podstatě je měření výkonu automobilu stejné jako u motocyklu. Používají se, v principu činnosti, stejná zařízení popsaná v kapitole 2.1, stejné způsoby měření, kap. 2.2, a musí být dodrženy stejné podmínky měření, kap. 2.3. Hlavní odlišnost je v konstrukci měřicích zařízení a způsobu zajištění automobilu proti pohybu. Z důvodu přenosu výkonu motoru na celou nápravu nebo i obě nápravy, musí být měřící válce pod všemi poháněnými koly. Nejjednodušší zařízení mají válec společný pro celou nápravu, sofistikovanější zařízení mají na jednu nápravu válce dva, pro každé kolo jeden, které mohou být spojeny vypínatelnou spojkou, anebo na sobě být úplně nezávislé, v případě dynamometrů i s vlastními dynamometry. U automobilů s pohonem obou náprav bývají další válce připojeny hřídelí, nebo se může jednat o stejné, ale pro každou nápravu, respektive kolo, nezávislé zařízení.



Obr. 3.1 Měření výkonu automobilu s pohonem pouze zadní nápravy [10]



Obr. 3.2 Měření výkonu automobilu s pohonem všech 4 kol [10]

Vzhledem k větší hmotnosti automobilů nebývá obvykle nutné vytvářet předpětí vůči měřicímu zařízení. Zajištění je nutné pouze k eliminaci pohybů vozidla vůči měřicímu zařízení.



Obr. 3.3 Zajištění polohy automobilu ve zkušebně MZLU Brno [9]



Úskalí výkonových měření motocyklů na měřicích zařízeních určených pro automobily je především v zajištění motocyklu. Válce těchto zařízení bývají těžší a větší, jejich momenty setrvačnosti jsou, pro lepší přesnost měření, větší a výkon automobilu je přenášen větší styčnou plochou než u motocyklu. Proto je nutné co nejvíce eliminovat váhový deficit motocyklu důsledným zajištěním předpětí vůči válci pro zamezení prokluzu pneumatiky během měření. Problémem v tomto případě je, že automobilové výkonové zkušebny k tomu nejsou uzpůsobeny.

### 3.2 NÁVRH KONSTRUKČNÍHO ŘEŠENÍ

Tento návrh vychází z rozměrů válců vozidlové zkušebny MEZ 4VDM-E120D, která je použita v Ústavu základů techniky a automobilové dopravy Mendelovy zemědělské a lesnické univerzity v Brně.

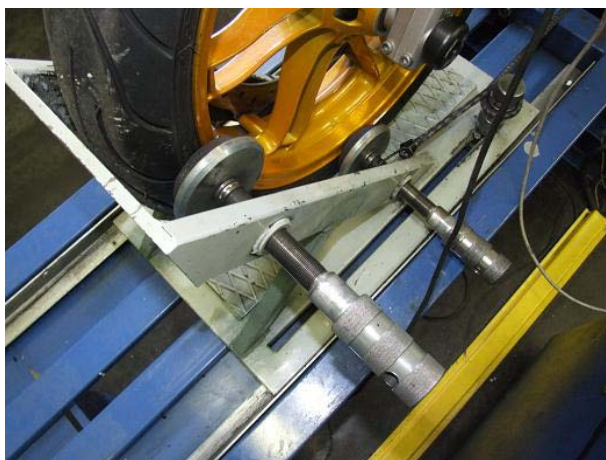
Tab. 1 Technické údaje vozidlové zkušebny MEZ 4VDM-E120D [9]

Max. zkušební rychlost [km.h <sup>-1</sup> ]	200
Max. výkon na nápravu [kW]	240
Max. hmotnost na nápravu [kg]	2000
Průměr válců [m]	1,2
Šířka válců [mm]	600
Mezera mezi válci [mm]	900
Povrch válců	zdrsnění RAA 1,6
Hmotnost válců (každá náprava) [kg]	1130
Min. rozvor [mm]	2000
Max. rozvor [mm]	3500
Zatížitelnost krytí	
v místě jízdy [kg]	2000
v místě chůze [kg]	500
Tlakový vzduch [bar]	min. 4
Rozsah měření rychlosti [km.h <sup>-1</sup> ]	0 - 200
Rozsah měření sil [kN]	4x ± 5
Přesnost měření rychlosti [km.h <sup>-1</sup> ]	± 0,01
Přesnost měření sil [%]	± 0,25
Přesnost regulace rychlosti [%]	± 0,1
Přesnost regulace síly [%]	± 0,5

Tato monoválcová dvouosá vozidlová zkušebna je vybavena stejnosměrnými elektrickými dynamometry SDS 225 5604, pravý a levý válec osy jsou spojeny elektricky ovládanou frikční spojkou, možnost rozpojení je pro měření výkonu motocyklu výhodou. Blok přední osy je umístěn napevno, blok zadní osy posuvně pro změnu rozvoru. Zajištění polohy vozidla se provádí použitím konstrukce umístěné v kotvících drážkách zalitých v betonu okolo jámy dynamometru. V tomto případě je pro zajištění motocyklu nutné použít konstrukci připevněnou k rámu měřicího zařízení, případně do kotvících drážek. Rám musí umožnit změnu rozvoru, aby bylo možné provádět zkoušky různých motocyklů bez nutnosti zásahu do ukotvení rámu.



Změna rozvoru se na motocyklových zkušebnách provádí nejčastěji pomocí posuvných šroubů, které jsou připevněny ke konzole, k níž je stáhnuto přední kolo motocyklu.

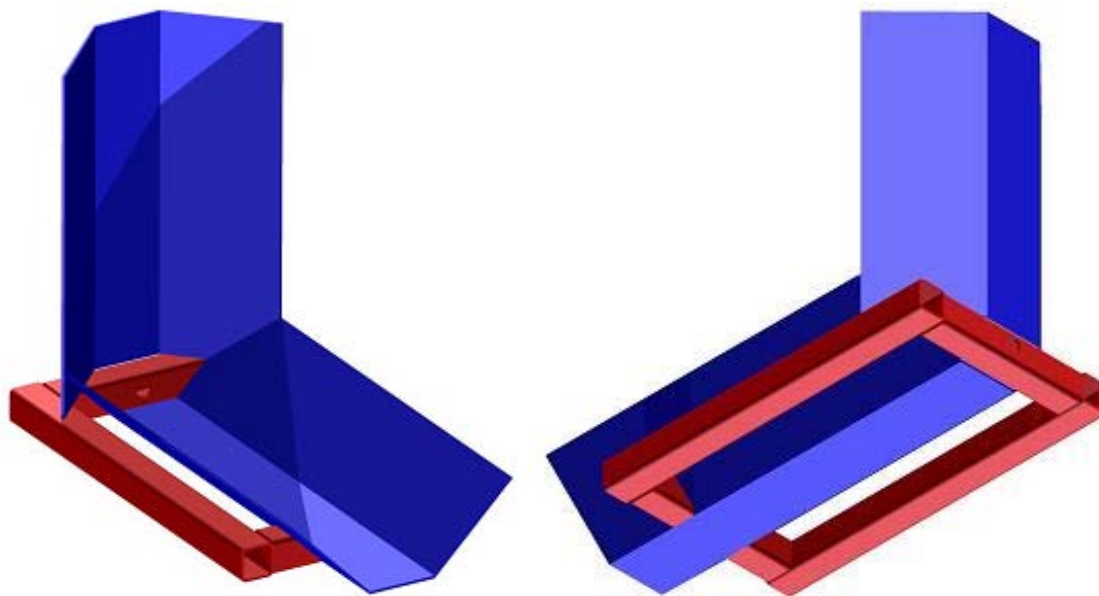


*Obr. 3.4 Zajištění předního kola ve zkušebně ISSA Brno*



*Obr. 3.5 Zajištění předního kola na zařízení firmy Land and Sea [10]*

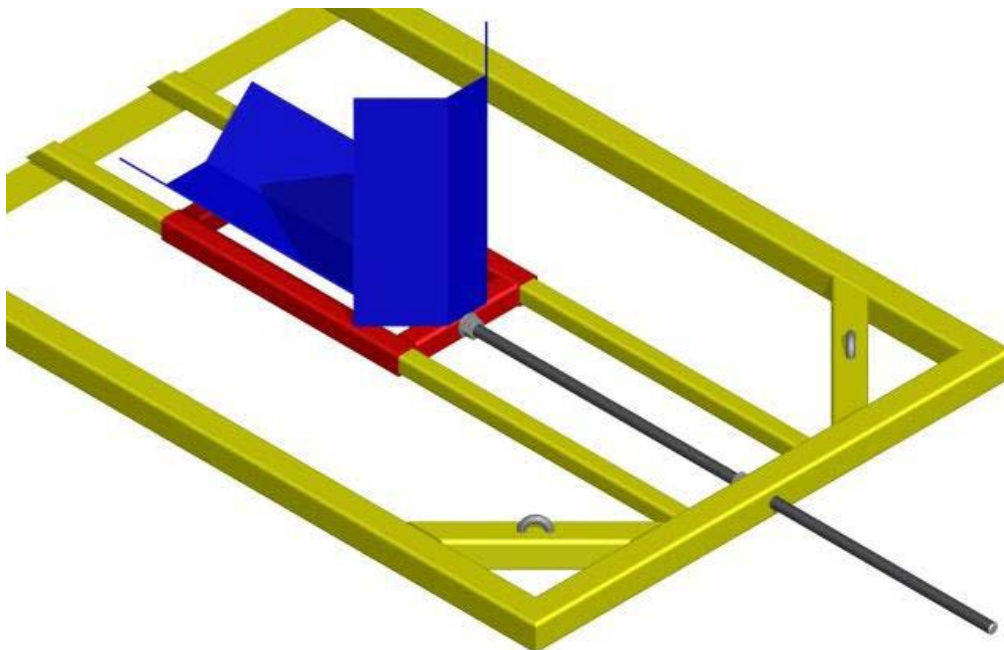
Navrhnutá konzola se skládá ze dvou plechových žlabů svařených dohromady a k rámu z Jáklových profilů 30x30x2,5. Žlaby jsou tvořeny plechem tloušťky 2,5 mm, délky 300 mm a ohyby jsou pod úhlem 45°. Použití tohoto způsobu zaručuje variabilitu možných rozměrů ráfků a pneumatik měřených motocyklů, minimální šířka je 60 mm, maximální 200 mm.



*Obr. 3.6 Návrh konzoly k upnutí předního kola*

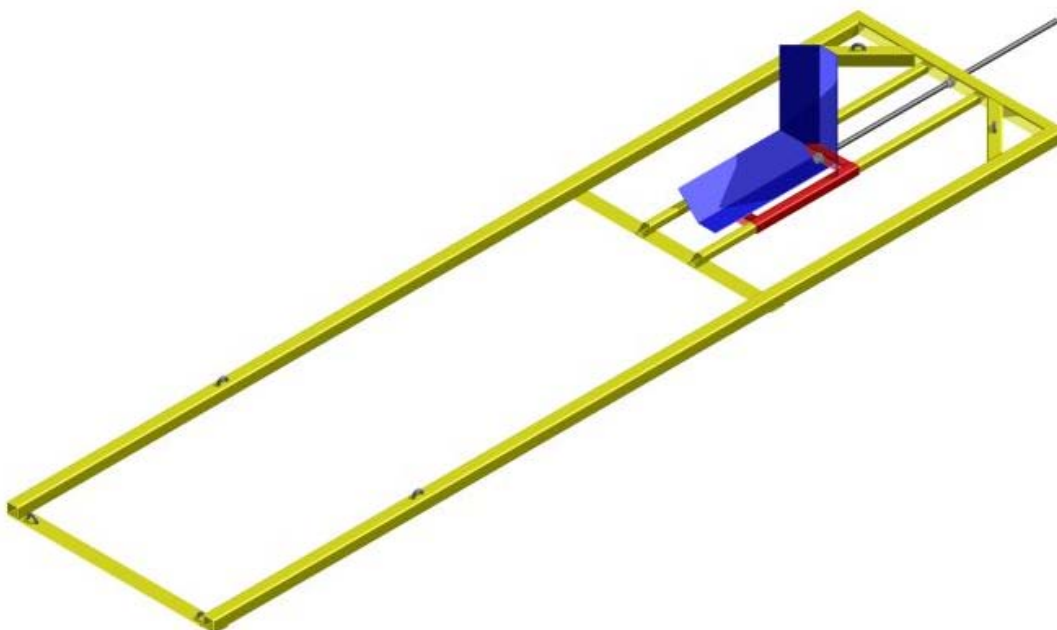
Vedení je tvořeno dvěma Jáklovými profily 25x25x2,5, délky 1m, procházejícími spodním rámem konzoly. Šířka mezi vedením je 160 mm. Požadovaná změna rozvoru mezi konzolou a měřícím válcem je zajištěna pohyblivým šroubem v celkovém rozmezí 560 mm.





*Obr. 3.7 Vedení konzoly vůči rámu*

Vedení je svařeno s upínacím rámem a s výztuhou. Upínací rám je tvořen Jäcklovými profily 40x40x2,5, celková délka rámu je 3 m a šířka 730 mm, avšak konkrétní rozměry by se lišily dle rozměrů rámu měřicího zařízení. Na rámu jsou navařeny oka pro zajištění motocyklu pomocí popruhů, v přední části k zajištění předního kola, vzadu pak v ose válce měřicího zařízení k vytvoření předpětí a na zadní výztuze rámu pro případné odlehčení zatížení konzoly předního kola vlivem silového působení během výkonových zkoušek. Toto silové působení vzniká mezi měřicím válcem a zadním kolem motocyklu, následně se přenáší přes motocykl do konzoly a z něj do celého upínacího rámu, respektive spojovacích prvků mezi upínacím rámem a rámem měřicího zařízení.

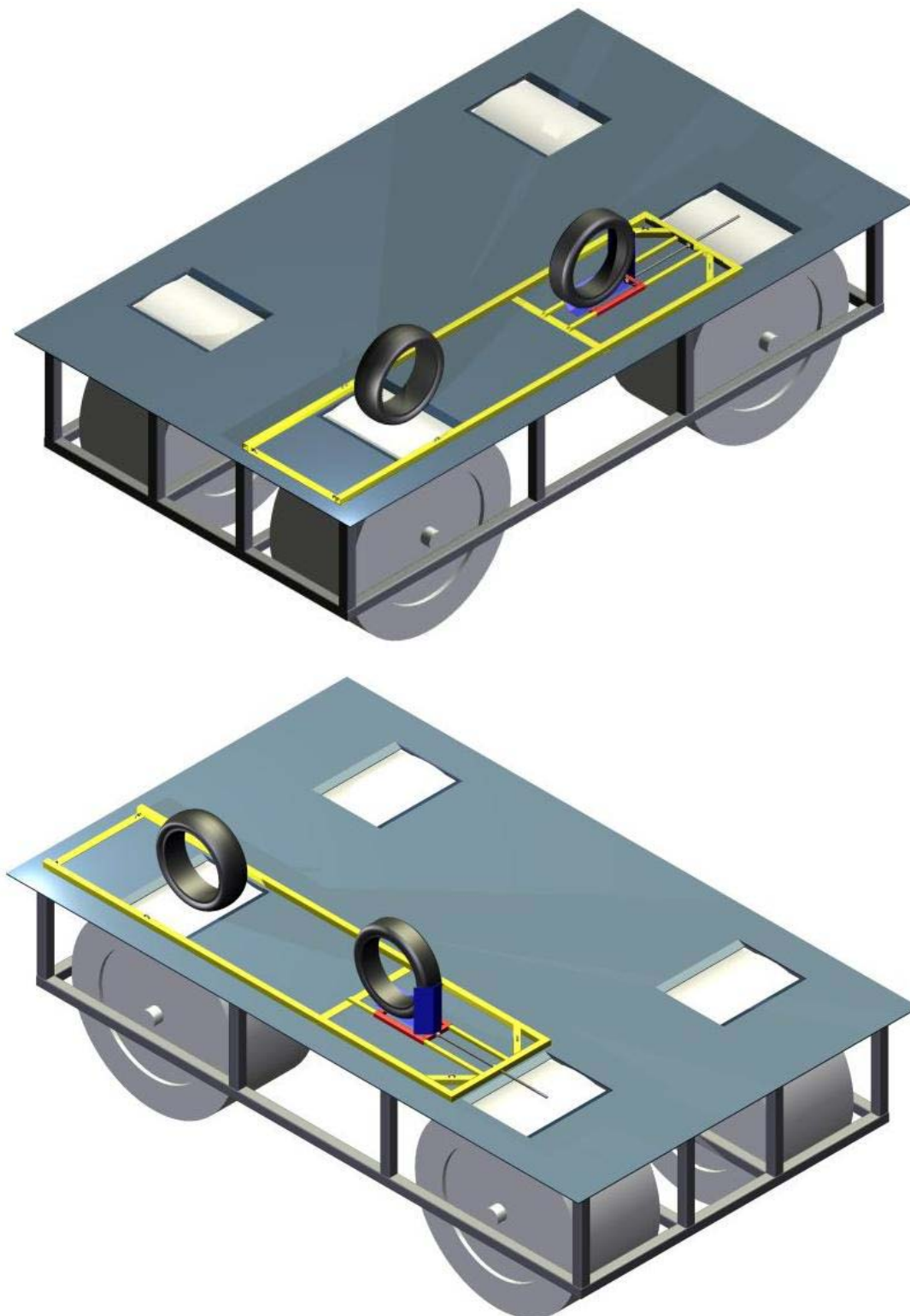


*Obr. 3.8 Celkový pohled na upínací rám*





Samotné připevnění rámu k vozidlové zkušebně, respektive k jejímu rámu, by bylo možné provést šrouby, ať již navrtáním samotného rámu zkušebny nebo do kotvících drážek po úpravě upínacího rámu. Další možností je použití stahovacích svorek bez nutnosti zásahu do konstrukce zkušebny, ale pouze pomocí úpravy krycích plechů.



*Obr. 3.9 Upínací rám na vozidlové zkušebně*



## ZÁVĚR

Účelem této práce bylo vypracovat přehled metod měření výkonu motocyklů, přehled v současnosti dostupných zařízení k experimentálnímu stanovení výkonu motocyklů a návrh měření výkonu motocyklu pomocí válcové dynamické brzdy určené k měření výkonu osobních automobilů.

V úvodu se tato práce zabývá základními parametry, výkonem a točivým momentem a charakteristikami spalovacích motorů. U výkonu je uvedeno jeho dělení a vliv atmosférických podmínek spolu s vzorovým výpočtem hustoty vlhkého vzduchu. Následuje definice a rozdělení charakteristik spalovacích motorů, které můžeme získat měřením a vyjádřením závislostí jeho parametrů. V další kapitole jsou popsána zkušební zařízení, která se používají k měření výkonu, jejich dělení a rozdíl mezi způsoby zkoušek, které na nich lze provádět. Zároveň jsou uvedeny základní podmínky, které je nutné během výkonových měření motocyklů dodržet. Poslední kapitola se zabývá technickou stránkou proveditelnosti měření výkonu motocyklu na zkušebně pro osobní automobily, přičemž hlavním cílem je vyřešit zajištění motocyklu vůči měřicímu zařízení.

Obor testování spalovacích motorů, do něhož výkonové zkoušky patří, je jedním ze základních zpětnovazebních prvků při vývoji, ladění a úpravách pohonných jednotek a jejich řídicích systémů. V souvislosti s vývojovými trendy a zaměřením na ekologii a ekonomii provozu spalovacích motorů, nejen z pozice výrobce ale často i uživatelů, roste snaha vyvíjet přesnější, levnější a dokonalejší měřicích zařízení.



## POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] VLK, František. *Vozidlové spalovací motory*. 1. vyd. Brno: Prof.Ing.František Vlk, DrSc, 2003, 578 s. ISBN 80-238-8756-4.
- [2] VLK, František. *Zkoušení a diagnostika motorových vozidel /: výkon vozidla, brzdné vlastnosti, převodová ústrojí, řízení, geometrie kol, tlumiče a pružiny, řiditelnost a ovladatelnost, životnostní zkoušky, motor, zapalování, elektronické systémy*. 1. vyd. Brno: Prof.Ing.František Vlk,DrSc., nakladatelství a vydavatelství, 2001, 576 s. ISBN 80-238-6573-0.
- [3] KOŽOUŠEK, Josef. *Výpočet a konstrukce spalovacích motorů I*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1978, 367 s.
- [4] FORBELSKÝ, Antonín. *Simulace přechodového režimu spalovacího motoru*. Brno, 2011. Dostupné z: [https://www.vutbr.cz/www\\_base/zav\\_prace\\_soubor\\_verejne.php?file\\_id=41316](https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=41316). Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Ing. David Svída, Ph.D.
- [5] RAUSCHER, Jaroslav. *Spalovací motory: Studijní opory*. Brno: VUT, 2005, 235 s.
- [6] A.J. MARTYR, A.J.M. *Engine testing theory and practice*. 3rd ed. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2007. ISBN 978-075-0684-392.
- [7] BEROUN, Stanislav. *Vozidlové motory* [online]. Liberec: TUL, 2005 [cit. 2012-05-20]. Dostupné z: [www.kvm.tul.cz/studenti/texty/VOZMOT.pdf](http://www.kvm.tul.cz/studenti/texty/VOZMOT.pdf)
- [8] CHYSKÝ, Jaroslav. *Vlhký vzduch*. 2. dopln. vyd. Praha: SNTL, 1977, 156 s.
- [9] MENDELOVA ZEMĚDĚLSKÁ A LESNICKÁ UNIVERZITA V BRNĚ. *Vozidlová zkušebna* [online]. [cit. 2012-05-20]. Dostupné z: <http://zkusebna.wz.cz/index.html>
- [10] LAND & SEA, Inc. *Motorcycle and ATV Dynamometer Systems* [online]. © 2012 [cit. 2012-05-20]. Dostupné z: <http://www.land-and-sea.com/motorcycle-dyno/motorcycle-dyno.htm>
- [11] DTEC Dynertia: Inertia Dyno Design Guide. DTEC. [online]. 2011, 31.10.2011 [cit. 2012-05-20]. Dostupné z: <http://dtec.net.au/Inertia%20Dyno%20Design%20Guide.htm>
- [12] AbsoluteAstronomy.com: Dynamometer. [online]. © 2011, 2.5.2012 [cit. 2012-05-20]. Dostupné z: <http://www.absoluteastronomy.com/topics/Dynamometer>
- [13] *Motocomtest* [online]. © 2004+, 19.10.2011 [cit. 2012-05-20]. Dostupné z: <http://www.motocom.cz/>
- [14] Suzuki: Cycles. [online]. © 2012 [cit. 2012-05-20]. Dostupné z: <http://www.suzukicycles.com/>



## SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

$c_f$	[-]	korekční faktor atmosférických podmínek
$F$	[N]	síla
$I$	[kg·m <sup>2</sup> ]	moment setrvačnosti
$k$	[-]	koeficient
$L_{VT}$	[kg/kg]	teoretické množství suchého vzduchu potřebné k dokonalé oxidaci 1kg paliva
$M$	[N·m]	točivý moment
$m$	[kg]	hmotnost
$M_k$	[N·m]	točivý moment
$M_p$	[kg]	hmotnost paliva ve směsi
$M_v$	[kg]	hmotnost suchého vzduchu ve směsi
$n$	[s <sup>-1</sup> ]	otáčky
$p$	[Pa]	tlak
$p_p$	[Pa]	parciální tlak syté vodní páry při teplotě $t_s$
$p_{pm}$	[Pa]	parciální tlak syté vodní páry
$p_d$	[hPa]	tlak vzduchu
$P_e$	[W]	efektivní výkon
$P_{i/1}$	[W]	indikovaný výkon
$p_p$	[Pa]	parciální tlak přehřáté páry
$p_v$	[Pa]	parciální tlak suchého vzduchu
$P_z$	[W]	ztrátový výkon
$r$	[J·kg <sup>-1</sup> ·K <sup>-1</sup> ]	měrná plynová konstanta
$r$	[m]	délka ramene
$r_p$	[J·kg <sup>-1</sup> ·K <sup>-1</sup> ]	měrná plynová konstanta přehřáté vodní páry
$r_v$	[J·kg <sup>-1</sup> ·K <sup>-1</sup> ]	měrná plynová konstanta suchého vzduchu
$T$	[K]	teplota
$t_c$	[°C]	teplota vzduchu
$t_m$	[°C]	teplota mokrého teploměru
$t_s$	[°C]	teplota suchého teploměru
$v$	[m <sup>3</sup> ·kg <sup>-1</sup> ]	měrný objem
$V$	[m <sup>3</sup> ]	objem
$W_{i/1}$	[J]	indikovaná práce oběhu



$\eta_m$	[-]	mechanická účinnost
$\lambda$	[-]	součinitel přebytku vzduchu
$\rho$	$[\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}]$	hustota
$\rho_p$	$[\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}]$	hustota přehřáté páry
$\rho_v$	$[\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}]$	hustota suchého vzduchu
$\varphi$	[-]	relativní vlhkost
$\varphi$	$[\text{rad}\cdot\text{s}^{-2}]$	úhlové zrychlení
$\omega$	$[\text{rad}\cdot\text{s}^{-1}]$	úhlová rychlost



## SEZNAM PŘÍLOH

- I. Vlastnosti vlhkého vzduchu
- II. Přehled nabízených zařízení
- III. Příklady výsledků měření

# I. VLASTNOSTI VLHKÉHO VZDUCHU

t	Sytá pára		Vzduch p = 981 hPa			
	p <sub>p</sub> “	ρ <sub>p</sub> “, 10 <sup>3</sup>	ρ <sub>v</sub>	ρ“	x“, 10 <sup>3</sup>	i“
°C	Pa	kg.m <sup>-3</sup>	kg.m <sup>-3</sup>	kg.m <sup>-3</sup>	kg/kg s.v.	kJ/kg s.v.
-30	37,36	0,333	1,405	1,405	0,236	-29,697
-29	41,48	0,368	1,400	1,400	0,263	-28,621
-28	45,99	0,406	1,394	1,394	0,291	-27,541
-27	51,09	0,450	1,388	1,388	0,323	-26,452
-26	56,68	0,496	1,383	1,383	0,359	-25,355
-25	62,86	0,548	1,377	1,377	0,398	-24,246
-24	69,53	0,604	1,372	1,372	0,441	-23,136
-23	76,78	0,665	1,366	1,366	0,487	-22,010
-22	84,83	0,731	1,360	1,360	0,538	-20,875
-21	93,46	0,803	1,355	1,355	0,593	-19,728
-20	102,97	0,889	1,350	1,350	0,653	-18,573
-19	113,36	0,967	1,344	1,344	0,719	-17,396
-18	124,74	1,058	1,338	1,337	0,792	-16,207
-17	137,00	1,158	1,333	1,332	0,869	-15,005
-16	150,43	1,267	1,329	1,328	0,955	-13,787
-15	165,14	1,385	1,324	1,323	1,048	-12,544
-14	180,93	1,509	1,319	1,318	1,149	-11,292
-13	198,19	1,649	1,314	1,313	1,259	-9,998
-12	217,02	1,799	1,309	1,308	1,378	-8,692
-11	237,42	1,961	1,303	1,302	1,508	-7,356
-10	259,58	2,136	1,298	1,297	1,650	-5,995
-9	283,41	2,323	1,294	1,293	1,801	-4,605
-8	309,59	2,527	1,289	1,288	1,968	-3,178
-7	337,74	2,747	1,284	1,282	2,148	-1,701
-6	368,24	2,985	1,279	1,277	2,343	-0,222
-5	401,19	3,238	1,274	1,272	2,553	1,315
-4	436,89	3,514	1,270	1,268	2,782	2,897
-3	475,62	3,812	1,265	1,263	3,029	4,530
-2	517,30	4,131	1,260	1,257	3,297	6,213
-1	562,41	4,474	1,255	1,252	3,586	7,946
0	610,76	4,827	1,251	1,248	3,897	9,743
1	656,6	5,189	1,246	1,243	4,191	11,497
2	705,4	5,555	1,242	1,239	4,505	13,297
3	757,5	5,945	1,237	1,233	4,840	15,152
4	812,9	6,357	1,233	1,229	5,197	17,069
5	871,9	6,793	1,228	1,224	5,578	19,042
6	934,7	7,256	1,224	1,220	5,983	21,081
7	1001,3	7,746	1,220	1,216	6,414	23,182
8	1072,1	8,265	1,215	1,210	6,373	25,359
9	1147,3	8,815	1,211	1,206	7,361	27,608
10	1227,7	9,398	1,207	1,201	7,880	29,940
11	1311,8	10,01	1,202	1,196	8,431	32,351
12	1401,6	10,66	1,198	1,191	9,014	34,847
13	1496,7	11,34	1,194	1,187	9,632	37,430
14	1597,4	12,06	1,190	1,182	10,295	40,130
15	1704,1	12,82	1,186	1,178	10,995	42,927
16	1817,0	13,63	1,182	1,174	11,74	45,845
17	1936,4	14,47	1,178	1,169	12,52	48,860
18	2062,0	15,36	1,174	1,165	13,36	52,000
19	2196,0	16,30	1,170	1,160	14,24	55,266
20	2337,0	17,29	1,166	1,155	15,18	58,070
21	2486	18,33	1,162	1,151	16,17	62,216

t	Sytá pára		Vzduch p = 981 hPa			
	p <sub>p</sub> “	ρ <sub>p</sub> “ · 10 <sup>3</sup>	ρ <sub>v</sub>	ρ“	x“ · 10 <sup>3</sup>	i“
°C	Pa	kg·m <sup>-3</sup>	kg·m <sup>-3</sup>	kg·m <sup>-3</sup>	kg/kg s.v.	kJ/kg s.v.
22	2643	19,42	1,158	1,146	17,22	65,942
23	2808	20,57	1,154	1,142	18,33	69,794
24	2982	21,77	1,150	1,137	19,50	73,855
25	3166	23,04	1,146	1,132	20,75	78,042
26	3360	24,37	1,142	1,127	22,06	82,438
27	3564	25,76	1,138	1,122	23,45	87,044
28	3779	27,26	1,135	1,119	24,92	91,858
29	4004	28,75	1,131	1,114	26,47	96,841
30	4241	30,37	1,127	1,109	28,11	102,116
31	4491	32,05	1,123	1,104	29,85	107,601
32	4753	33,81	1,120	1,100	31,67	113,337
33	5029	35,65	1,116	1,094	33,61	119,366
34	5318	37,58	1,112	1,089	35,66	125,688
35	5622	39,62	1,109	1,085	37,82	132,303
36	5940	41,72	1,105	1,080	40,09	139,211
37	6274	43,92	1,102	1,075	42,50	146,496
38	6624	46,23	1,099	1,071	45,05	154,158
39	6991	48,64	1,095	1,065	47,74	162,155
40	7375	51,15	1,091	1,060	50,56	170,486
41	7777	53,76	1,088	1,056	53,56	179,321
42	8198	56,49	1,084	1,049	56,73	188,615
43	8639	59,35	1,081	1,045	60,08	198,371
44	9101	62,34	1,077	1,039	63,60	208,586
45	9584	65,44	1,074	1,034	67,34	219,346
46	10088	68,68	1,071	1,029	71,28	230,693
47	10614	72,05	1,067	1,023	75,45	242,625
48	11163	75,57	1,064	1,018	79,87	255,185
49	11736	79,23	1,061	1,013	84,53	268,416
50	12335	83,06	1,057	1,007	89,47	282,400
51	12960	86,96	1,054	1,001	94,73	297,179
52	13612	91,07	1,051	0,995	100,3	312,880
53	14292	95,35	1,048	0,990	106,1	329,124
54	15001	99,80	1,045	0,985	112,3	346,458
55	15740	104,4	1,042	0,979	119,0	365,131
56	16510	109,2	1,038	0,972	125,9	384,263
57	17312	114,2	1,035	0,966	133,4	405,073
58	18146	119,3	1,032	0,960	141,2	426,635
59	19014	124,7	1,029	0,954	149,6	449,872
60	19917	130,2	1,026	0,947	158,6	474,616
61	20860	136,0	1,023	0,941	168,1	500,783
62	21840	142,0	1,020	0,935	178,2	528,500
63	22850	148,2	1,017	0,928	189,0	558,059
64	23910	154,6	1,014	0,921	200,5	589,543
65	25010	161,3	1,011	0,914	213,0	623,666
66	26150	168,2	1,008	0,907	226,1	659,379
67	27330	175,3	1,005	0,899	240,4	698,400
68	28560	182,7	1,002	0,891	255,6	739,724
69	29840	190,3	0,999	0,883	272,0	784,355
70	31170	198,2	0,996	0,875	289,7	832,336



## II. PŘEHLED NABÍZENÝCH ZAŘÍZENÍ

Výrobce	Land and Sea						
Typ	650 Scooter		800 Motorcycle / ATV			850 UTV / Formula	
Průměr válce	32 cm		40 cm			40 cm	
Typ	Setrvačnickový	Dynamometr	Setrvačnickový	Dynamometr		Setrvačnickový	Dynamometr
Typ dynamometru	-	Vířivý	-	Vířivý	Hydrodynamický	-	Vířivý
Maximální měřený							
Dynamická zkouška	56 kW		298 kW			298 kW	
Statická zkouška	-	74 kW	-	149 kW	na vyžádání	-	149 kW
Maximální rychlost	182 km/h (410* km/h)		190 km/h (410* km/h)				
Kontakt na výrobce	www.land-and-sea.com						

Výrobce	Dynojet			SuperFlow	Moto COM Test
Typ	SD12 Scooter	200i	250i	CycleDyn	250 HP BR
Průměr válce	30 cm	46 cm	46 cm	51 cm	na vyžádání
Typ	Setrvačnickový	Setrvačnickový	Dynamometr	Setrvačnickový	Dynamometr
Typ dynamometru	-	-	Vířivý	-	Vířivý
Maximální měřený					
Dynamická zkouška	25 kW	367 kW		555 kW	184 kW
Statická zkouška	-	-	na vyžádání	-	370 kW
Maximální rychlost	175 km/h	320* km/h		320* km/h	250 km/h
Kontakt na výrobce	www.dynojet.com; www.dkracing.cz			www.superflow.com - be	www.motocom.cz

\* Maximální hodnota měřicího zařízení (hodnota rychlosti válce omezena jeho průměrem - deformací pneumatiky)

### **III. PŘÍKLADY VÝSLEDKŮ MĚŘENÍ**

# Moto COM Test

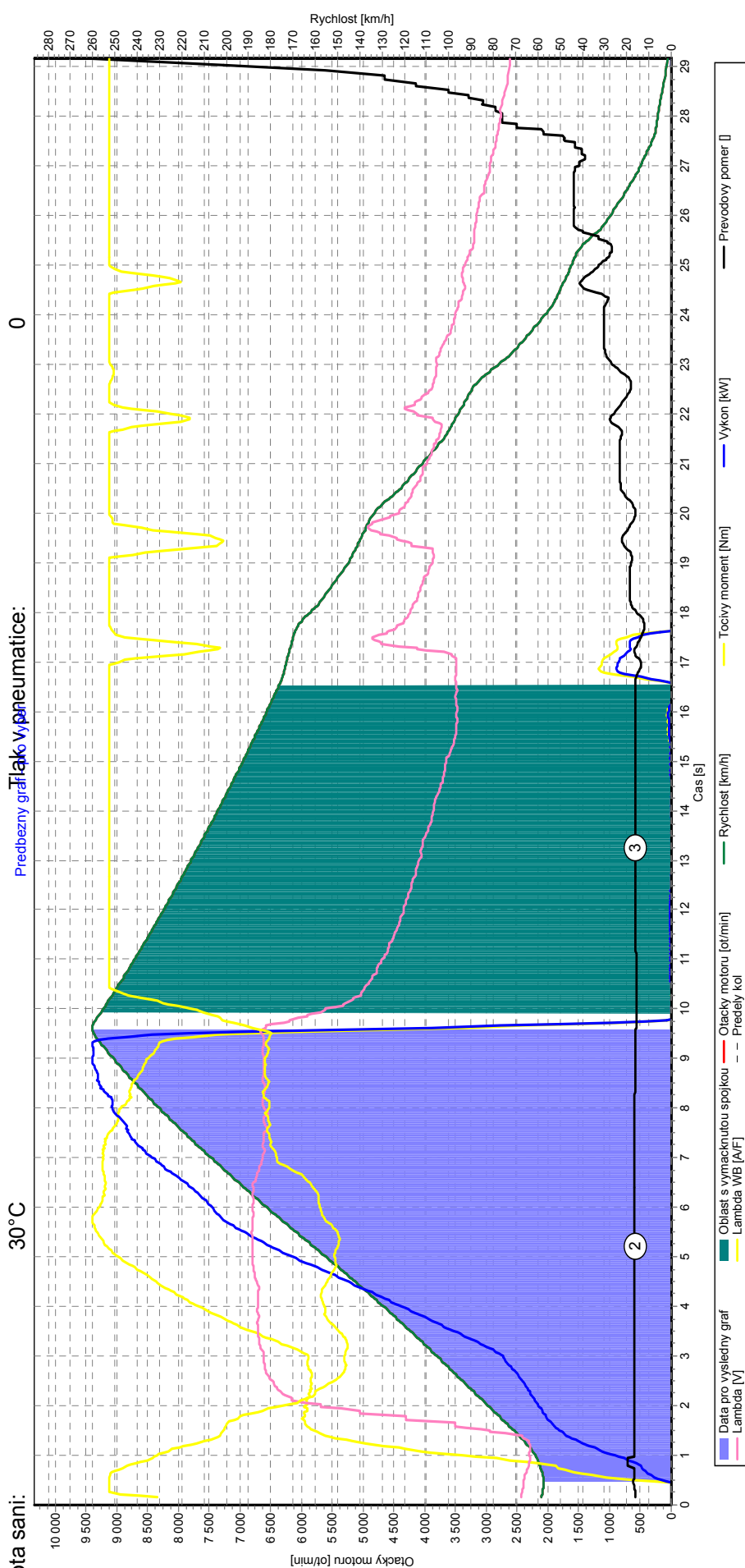
!!! Demoverze programu !!!

Jmeno: Dosoudil  
MJ #155  
jehla Factory Pro 1.zář. shora

Vozidlo: V-max  
Datum: 23.4.2010 14:42:36  
Tlak vzduchu : 1000  
Tlak sani : 1000

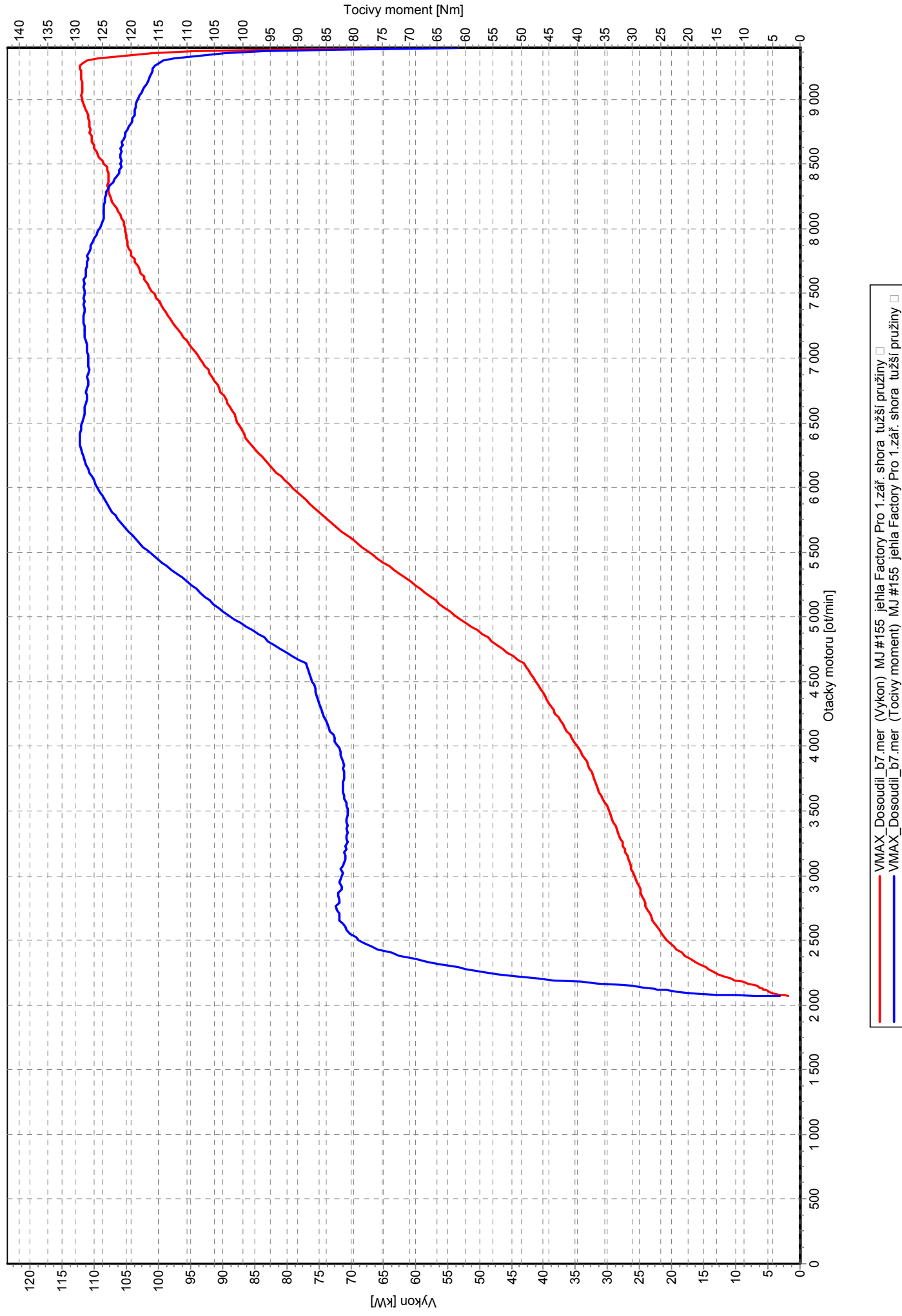
Teplota okoli: 20°C

Teplota sani: 30°C

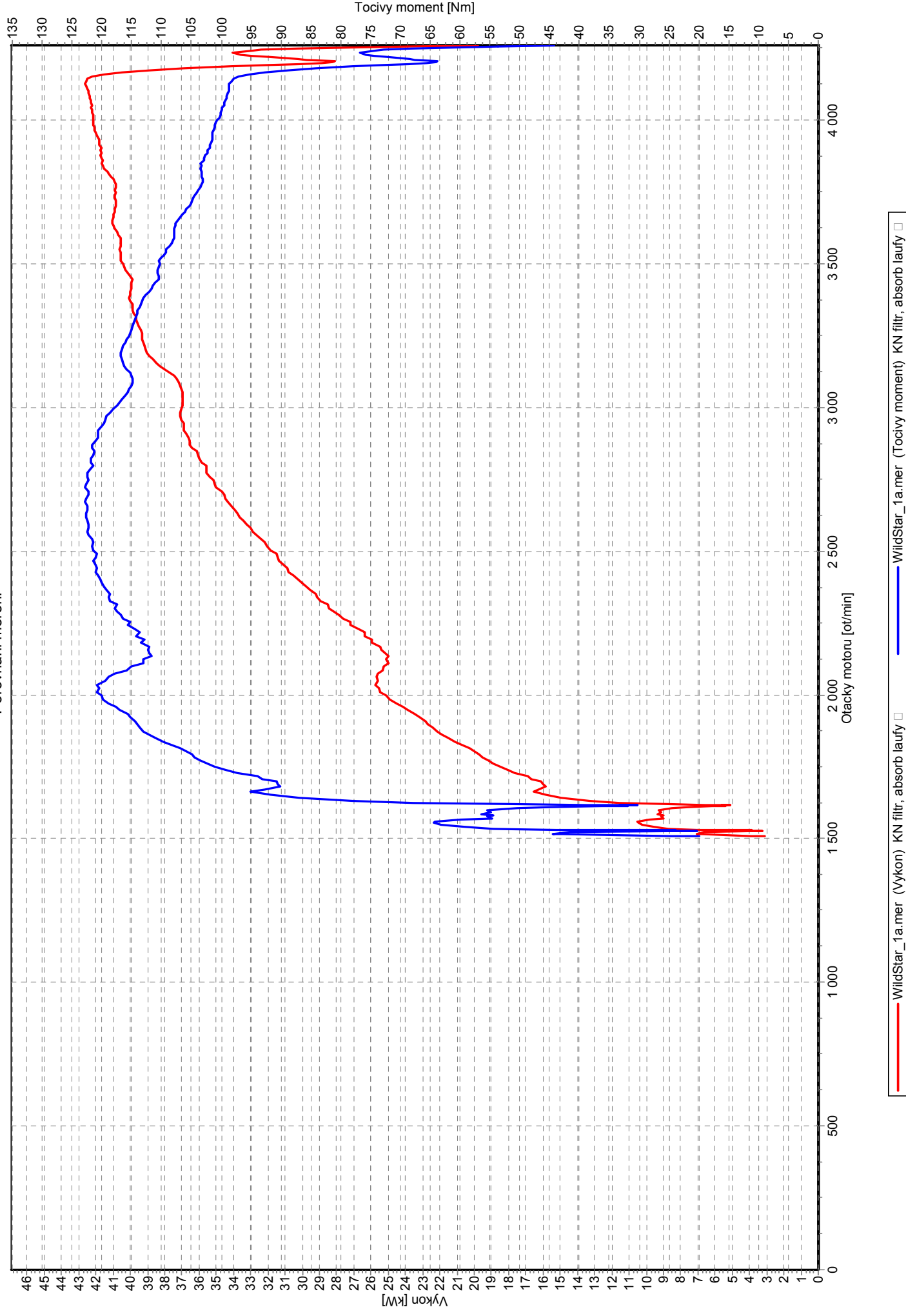


Maximalni tocivy moment 130,61 Nm pri 6327 ot/min, Maximalni vykon 111,9kW pri 9238 ot/min

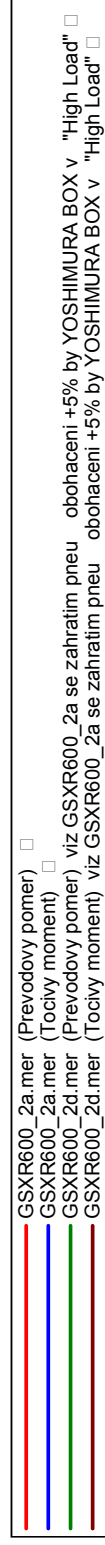
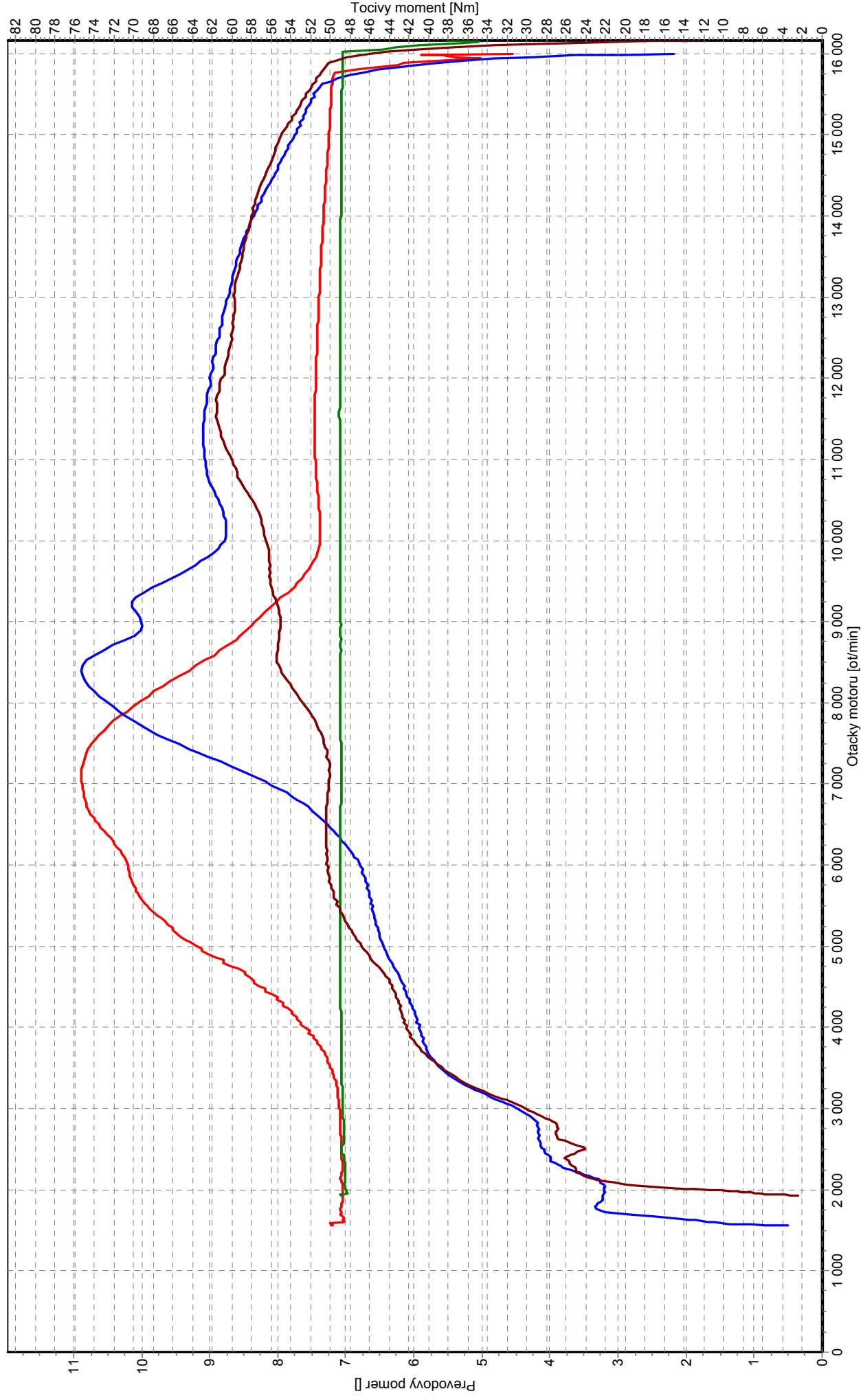
Porovnání měření



Porovnani mereni



# Porovnani mereni



# Porovnání měření



# Porovnání měření

